

Résumé

Les conditions naturelles de production du cacao fixent pour partie la « toile de fond » sur laquelle se développent les stratégies des acteurs de la filière. Leur comparaison dans les trois premiers pays producteurs — la Côte d'Ivoire, le Ghana et l'Indonésie — part d'un état des connaissances sur le rôle joué par les facteurs climatiques, pédologiques et parasitaires sur le rendement potentiel d'une cacaoyère et sur la qualité du cacao produit. Elle débouche à la fois sur une synthèse de la situation actuelle et sur une mise en perspective des évolutions probables ou possibles à moyen terme de ces « avantages acquis ». Cette analyse comparative s'inscrit dans le cadre d'une étude pluridisciplinaire sur la compétitivité des filières cacaoyères de ces trois pays.

Abstract

Natural cocoa production conditions partly govern the "background" against which the protagonists in the sector set their strategies. Our comparison of conditions in the leading three producing countries — Côte d'Ivoire, Ghana and Indonesia — began by taking stock of the existing knowledge of the impact of climatic, soil, pest and disease factors on the potential yield of cocoa plantings and on the quality of the cocoa produced. It resulted in a picture of the current situation and of the probable or possible medium-term developments with respect to these established factors. This comparative analysis was part of a multidisciplinary study of the competitiveness of the cocoa sectors in those three countries.

Resumen

Las condiciones naturales de producción del cacao fijan por parte la « tela de fondo » en la cual se desarrollan las estrategias de los actores del sector. Compararlas en los primeros tres países productores — Côte d'Ivoire, Ghana e Indonesia — procede de una relación de los conocimientos sobre el papel desempeñado por los factores climáticos, pedológicos y parasitarios sobre el rendimiento potencial de un cacaotal y sobre la calidad del cacao producido. Llega a la vez a una síntesis de la situación actual y a una puesta en perspectiva de las evoluciones probables o posibles a medio plazo de estas « ventajas adquiridas ». Este análisis comparativo se inscribe en el marco de un estudio pluridisciplinar sobre la competitividad de los sectores del cacao de estos tres países.

Les conditions naturelles de production du cacao en Côte d'Ivoire, au Ghana et en Indonésie

Petithuguenin P.

CIRAD-CP/Proyecto calidad del cacao, Ave Quito y Padre Solano, Guayaquil, Equateur

Depuis 1995, la Côte d'Ivoire, le Ghana et l'Indonésie se placent aux trois premiers rangs des pays producteurs de cacao dans le monde. Si l'histoire de leur cacaoculture est très différente, il n'en demeure pas moins que ces pays se trouvent actuellement en situation de compétition sur le marché mondial. Selon les statistiques de l'International Cocoa Organization (Icco, 1998), ils assurent, en 1997-1998, 68 % de l'offre mondiale. Afin d'analyser les conditions de la confrontation actuelle et à venir entre ces trois « champions », le Cirad a entrepris en 1993 une étude pluridisciplinaire portant sur la compétitivité des filières du cacao dans ces trois pays (Hanak-Freud et Freud, 1993).

La comparaison des conditions naturelles de la production de cacao dans ces trois pays, qui fixent pour partie la « toile de fond » sur laquelle se développent les stratégies des acteurs de la filière (producteurs, commerçants, Etat...), est l'une des composantes de cette étude de compétitivité, dont l'ensemble des résultats fera prochainement l'objet d'une publication.

Cette comparaison part des connaissances acquises sur le rôle joué par les facteurs climatiques, pédologiques et parasitaires sur le rendement potentiel d'une cacaoyère et sur la qualité du cacao produit. Elle permet d'aboutir à la fois à une synthèse de la situation actuelle et à une mise en perspective des évolutions probables à moyen terme de ces « avantages acquis ».

Les bases de la comparaison

Les exigences environnementales du cacaoyer

Le cacaoyer est une plante des tropiques humides. Sa culture est plus particulièrement adaptée aux latitudes voisines de l'équateur, de 10° N à 10° S, et à une pluviométrie annuelle de 1 500 à 2 500 mm, avec moins de trois mois dont la pluviométrie est inférieure à 100 mm. Elle supporte des températures maximales moyennes comprises entre 30 °C et 32 °C et des températures minimales moyennes de 18 °C à 21 °C, avec un minimum absolu de 10 °C. Elle doit être évitée dans les régions très ventées, où le cacaoyer peut souffrir de fortes défoliations en l'absence de brise-vent.

Le cacaoyer requière des sols profonds (minimum 1,5 m), bien drainants (non hydromorphes), de préférence à texture sablo-argileuse, proches de la neutralité (pH entre 5 et 8, de préférence entre 6 et 7,5), à l'horizon superficiel riche en matière organique (3 % au minimum) et assez bien pourvus en éléments minéraux, même si ce dernier facteur peut être corrigé par des apports d'engrais minéraux. Le cacaoyer présente donc des exigences pédologiques relativement plus marquées que les autres cultures pérennes tropicales, comme le palmier à huile, le caféier et l'hévéa.

Néanmoins, les critères de sol et de climat doivent être considérés globalement et non séparément — le régime pluviométrique et la réserve utile dans le sol, par exemple — et en interaction avec les sys-

tèmes de culture — ombrage, fertilisation. Ainsi, le cacaoyer est cultivé en Equateur dans des zones où la pluviométrie annuelle est inférieure à 1 100 mm, mais sur des sols alluviaux très fertiles et très profonds avec une nappe phréatique proche de la surface. A l'inverse, le cacaoyer pousse dans des régions où la pluviométrie excède 3 000 mm par an, en Amazonie par exemple, mais la rentabilité de la culture est affectée par une forte incidence des maladies fongiques et par des difficultés de séchage et de conservation du cacao après la récolte. Par ailleurs, avec un ombrage permanent la culture est possible sur des sols peu profonds ou appauvris (très désaturés), mais les rendements sont alors réduits (moins de 500 kg/ha/an). De même, l'exigence de richesse minérale des sols est d'autant plus marquée que la pluviosité est faible (Alvim, 1977).

L'influence des facteurs du milieu sur les rendements potentiels

Contrairement à ce qui existe pour les autres cultures pérennes tropicales, et particulièrement pour le palmier à huile, les agronomes ne disposent actuellement d'aucun schéma validé d'élaboration du rendement pour le cacaoyer, schéma qui seul permettrait d'évaluer l'impact des facteurs du milieu sur les paramètres physiologiques déterminant le rendement. La comparaison des rendements potentiels entre différentes situations ne peut s'appuyer que sur des essais empiriques à validité locale. En l'absence d'un modèle d'élaboration du rendement validé et du fait des nombreuses interactions entre les facteurs déterminant ce rendement — éclaircissement incident, alimentation hydrique et minérale, pollinisation, compatibilité génétique... —, il n'est pas possible de « chiffrer » de façon rigoureuse les écarts de production potentielle entre deux situations présentant des conditions de milieu différentes.

Cette situation évolue depuis peu et plusieurs modèles d'élaboration du rendement en cacaoculture sont en cours d'élaboration ou de validation, entre autres, un modèle mis au point par l'université de Reading, au Royaume-Uni (Hadley, 1996), et un autre par l'université de Wageningen, aux Pays-Bas (Gerritsma, 1996). Ces modèles servent à comparer différentes situations et à identifier dans chaque cas les principaux facteurs limitant la production. En revanche, ils ne peuvent prédire le rendement potentiel dans une situation donnée car ils n'intègrent pas encore les interactions complexes qui existent entre le sol, le climat, la conduite de la culture (dont la fertilisation)

et le cultivar. A partir des connaissances empiriques et de ces modèles, il est possible de dégager certaines tendances.

Bien que le cacaoyer puisse être considéré comme une plante d'ombre sur la base des caractéristiques physiologiques de son appareil photosynthétique — saturation de l'assimilation photosynthétique pour des éclaircissements très faibles —, la production potentielle d'un hectare de cacaoyer est limitée, en dehors des autres facteurs limitants, lorsque l'éclaircissement reçu est inférieur à 1 800 heures par an (Asomaning *et al.*, 1971 ; Gerritsma et Wessel, 1994). Des essais en Afrique de l'Ouest ont montré que la suppression d'un ombrage permanent interceptant 30 à 50 % de la radiation incidente résultait en un doublement de la production potentielle, avec l'apport d'engrais (Lachenaud et Mossu, 1985).

La production du cacaoyer est généralement affectée par une période de stress hydrique, même si cet effet dépend aussi de l'intensité du stress et du moment où il survient par rapport au calendrier agricole. Cet effet est d'ailleurs confirmé par le modèle élaboré à l'université de Wageningen, qui permet d'expliquer une grande partie de la fluctuation des rendements observée sur un site en Malaisie par la variation de la pluviosité annuelle. En Afrique de l'Ouest, la taille des fèves diminue lorsqu'un stress marqué survient durant la petite saison sèche de juillet-août, au moment du grossissement des cabosses de la récolte principale. Mais, si ce stress intervient moins de deux mois après la nouaison des fleurs, il se traduit par un flétrissement des jeunes fruits (chute de production) et non par une diminution de la taille des fèves. Ces résultats ont été confirmés lors d'essais d'irrigation, qui ont aussi montré que la production potentielle était accrue, à long terme, par une irrigation de complément (Jadin et Paulin, 1988). Enfin, un stress hydrique peut entraîner des floraisons abondantes et n'avoir aucune répercussion négative sur le rendement de la campagne agricole suivante, comme cela a été le cas dans les cacaoyères de Côte d'Ivoire et du Ghana à la suite de la sécheresse intense de 1983-1984.

Dans les conditions de la Côte d'Ivoire et du Ghana, il semble que les saisons sèches n'aient pas d'effets très marqués sur la production des cacaoyers adultes, les gains de production obtenus avec l'irrigation sont faibles : 20 %, sans engrais, et 40 %, avec engrais (Jadin, 1992). En revanche, les déficits hydriques affectent fortement l'établissement des jeunes cacaoyers : mortalité, retard de développement et d'entrée en

production. Pour comparer l'Afrique de l'Ouest et l'Indonésie, il est donc important de tenir compte de l'influence des régimes pluviométriques sur l'aptitude à l'établissement des jeunes plants et sur l'aptitude à valoriser les apports d'engrais ou de sols dont la fertilité chimique est élevée (interaction entre l'alimentation hydrique, le sol et la fertilisation).

L'influence de la richesse minérale du sol sur la production dépend du degré d'ombrage permanent et de la durée considérée (perspective à moyen terme, sur 5 à 10 ans, ou à long terme, sur plus de 20 ans). Les cacaoculteurs du monde entier ont apporté la preuve qu'il est possible d'établir une cacaoyère après défriche forestière sur des sols très peu fertiles et parfois très désaturés, comme dans le sud du Cameroun et le sud-ouest du Ghana. Mais dans le cas de sols très désaturés, les rendements sont faibles — moins de 400 kg/ha/an — et se maintiennent durablement à ce niveau seulement si la cacaoyère bénéficie d'un ombrage permanent. Dans le cas d'une culture en plein soleil et sans engrais, les rendements sont satisfaisants à court terme mais baissent à moyen terme : ainsi au Ghana, la production a fortement chuté, en l'absence d'ombrage et de fertilisation, dans une parcelle expérimentale après neuf années de récolte soutenue, de plus de 1 500 kg/ha/an (Ahenkorah *et al.*, 1974). En Côte d'Ivoire et au Ghana, les gains obtenus grâce à la fertilisation sur des parcelles expérimentales d'hybrides conduits de façon intensive (hors irrigation) sont de 500 à 1 000 kg, essentiellement du fait d'une floraison accrue et de pertes dues au flétrissement (*wilt*) physiologique réduites. Ainsi, en Côte d'Ivoire, la production annuelle moyenne avec fertilisation a été, à Divo, de 3 050 kg/ha contre 1 990 kg/ha sans engrais durant 11 récoltes et, à Abengourou, de 1 680 kg/ha contre 1 220 kg/ha durant 9 récoltes (Jadin, 1992). Dans le cas de cacaoyères installées sous un fort ombrage permanent, avec plus de 50 % de taux d'interception, les apports d'engrais n'ont pas d'effet significatif. Si l'ombrage permanent est réduit ou absent, la richesse minérale du sol ou la possibilité financière d'apporter une fertilisation minérale sont donc des facteurs déterminants pour atteindre le niveau du rendement potentiel et pour le maintenir sur le moyen et le long terme.

La durabilité de la production d'une cacaoyère est un facteur essentiel. La production d'une cacaoyère suit dans le temps une courbe ascendante puis descendante avec, entre les deux, une période de relative stabilisation¹. Les modèles de prédiction de pro-

duction de l'Icco considèrent, pour des parcelles d'hybrides de Côte d'Ivoire, une période de croissance des rendements jusqu'à 8 ans, un plateau jusqu'à 18 ans, puis une lente décroissance de la production. Si tous les spécialistes s'accordent sur la forme de cette courbe, la durée, la pente et le rendement moyen de chacune des phases font l'objet de nombreuses spéculations : il existe en fait très peu de données expérimentales portant sur de larges échantillons. A l'île de la Trinité, la chute des rendements survient après 30 ans, avec une pente de 1 % par an, sur les sols très favorables à la cacaoculture et après 20 ans, avec une pente de 6 %, sur les sols peu propices (Jolly, 1955).

La durée de la période de forte production — le plateau de la courbe — dépend largement des conditions de sol, en l'absence de fertilisation, mais est aussi tributaire d'autres facteurs provoquant l'épuisement ou la mort des cacaoyers productifs : sécheresses ou inondations répétées, attaques d'insectes piqueurs des branches, chancres des troncs, etc.

Le type de matériel végétal semble aussi avoir une influence : certains hybrides très productifs voient leur production chuter fortement et régulièrement après moins de dix ans de fortes récoltes, en dépit des apports d'engrais et de pesticides. Enfin, outre l'évolution des rendements, il est indispensable dans une approche économique de considérer aussi l'évolution des conditions agronomiques de conduite de la cacaoyère. Le vieillissement de la cacaoyère peut se traduire par une chute assez faible de la production, mais qui s'accompagne d'une nette augmentation des coûts de production : dégradation de la frondaison des cacaoyers entraînant une forte hausse des frais de traitement antimirides et de désherbage, hauteur des cacaoyers renchérisant la taille des branches et la récolte, etc. En Malaisie, Montgomery (1981) estime que les meilleurs rendements sont obtenus dans des cacaoyères de 15 à 25 ans ; au-delà, les productions moyennes baissent et les charges d'entretien augmentent.

L'influence des facteurs du milieu sur la qualité des fèves

La qualité physique (taille, teneur en beurre) et organoleptique (arôme) du cacao dépend essentiellement du type gé-

nétique et du traitement de post-récolte (fermentation, séchage). Cependant, certains aspects de la qualité physique peuvent être affectés par les conditions du milieu (Nestec, 1991).

La taille des fèves d'une cabosse, facteur de qualité qui influence le rendement à l'usinage, est corrélée, dans une situation donnée, à la pluviosité durant les quatre premiers mois de développement du fruit. De plus, si la teneur en beurre des fèves dépend principalement du génotype, elle est aussi fortement corrélée à la taille des fèves : pour un génotype donné, la teneur en beurre croît avec la taille des fèves. Un déficit hydrique se traduit donc par des fèves plus petites et moins riches en beurre. En revanche, il n'y a pas d'effet constant de l'alimentation minérale sur la taille des fèves, les essais de fertilisation résultant selon les cas en une augmentation ou en une diminution du poids de 100 fèves.

La température ambiante influe sur la dureté du beurre de cacao : en Malaisie et Indonésie, les conditions de température conduisent à la production de cacao dont le beurre est plus dur qu'en Afrique de l'Ouest — ce qui est un facteur favorable —, mais aussi à la formation de fèves plus petites et moins riches en beurre.

Enfin, le climat a un effet indirect sur la qualité du cacao commercialisé car il conditionne la faisabilité du séchage solaire des fèves après leur fermentation, séchage solaire recommandé pour la production d'un cacao de bonne qualité. Dans les zones très pluvieuses, il est difficile de sécher correctement le cacao au soleil, ce qui conduit les producteurs soit à commercialiser un cacao humide, ou partiellement séché, avec des risques de développement de moisissures, soit à réaliser un séchage artificiel, mais le cacao est alors acide ou contaminé par des odeurs de fumée.

Les systèmes de cacaoculture

Il n'est pas nécessaire de présenter de manière détaillée les systèmes de cacaoculture pratiqués dans les trois pays étudiés, mais il est indispensable d'en faire un rappel succinct afin d'évoquer le faible degré d'artificialisation de ces systèmes, qui justifie l'intérêt porté à une analyse comparative des conditions du milieu physique.

En Côte d'Ivoire et au Ghana, la quasi-totalité de la production de cacao provient d'exploitations familiales, qui pratiquent des systèmes de culture extensifs. L'utilisation d'engrais est très rare et l'irrigation inexistante. L'Icco estime que, en 1992-1993, le rendement moyen a été de 588 kg/ha, en

Côte d'Ivoire, et de 480 kg/ha, au Ghana, valeurs faibles comparées aux rendements de plus de 1 500 à 2 000 kg/ha régulièrement atteints en système intensif dans les stations de recherche de ces pays. Dans de tels systèmes de culture peu ou non artificialisés, les producteurs subissent sans les corriger les conditions du milieu, ce qui justifie l'intérêt porté à ces facteurs.

Les systèmes de cacaoculture pratiqués en Indonésie sont nettement plus intensifs qu'en Afrique de l'Ouest (Ruf, 1996) : en particulier dans les plantations industrielles publiques ou privées, mais aussi dans les petites plantations familiales de Sulawesi. Le recours aux engrais est généralisé et les doses apportées chaque année peuvent être considérées comme élevées (plusieurs centaines de kilos par an et par hectare). Selon l'Icco, le rendement moyen a été, en 1992-1993, de 500 kg/ha environ, mais on peut s'interroger sur la validité de cette évaluation sachant qu'on observe fréquemment des rendements de plus de 1 500 kg/ha en parcelles paysannes à Sulawesi. Théoriquement, l'utilisation de fortes doses d'engrais permet de cultiver le cacaoyer dans des sols peu aptes du fait d'un déficit en éléments minéraux (fertilisation de correction), d'obtenir des rendements très élevés (fertilisation d'intensification) ou de maintenir des rendements soutenus à long terme (fertilisation de compensation des exportations).

Il faut signaler que les rendements moyens publiés par l'Icco et par la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) proviennent d'estimations calculées à partir des statistiques officielles de production et d'exportation de chaque pays, chiffres connus avec précision, et des surfaces plantées. Ces superficies sont mal connues et généralement sous-estimées, notamment dans le cas de la Côte d'Ivoire et de l'Indonésie, du fait d'une dynamique d'extension dans des zones peu accessibles et mal répertoriées, ce qui entraîne une surestimation du rendement national moyen.

En Afrique de l'Ouest comme en Indonésie, les cacaoyers cultivés sont généralement des descendances libres ou contrôlées — dans le cas d'hybrides distribués par les services agricoles — de cacaoyers Forastero Bas et Hauts-Amazoniens, les premières plantations ayant été réalisées avec des cacaoyers de type Amelonado (Forastero Bas-Amazonien). Le matériel de type Trinitario ou produisant du cacao fin est peu répandu, à l'exception d'une petite production de cacao fin spécifique à Java, en

¹ Il faut distinguer l'âge de la plantation et l'âge moyen des cacaoyers car les planteurs procèdent généralement au remplacement régulier des cacaoyers morts. Ainsi, dans une plantation âgée, on trouve un mélange de cacaoyers d'âges différents. Le peuplement de cacaoyers en production vieillit donc plus lentement que la plantation.

dehors des grandes zones cacaoyères de Sumatra et de Sulawesi. Il y a donc peu de différence entre les cultivars utilisés en Côte d'Ivoire, au Ghana et en Indonésie.

La méthodologie

La Côte d'Ivoire et le Ghana sont deux pays voisins aux dimensions limitées, ce qui facilite l'étude à l'échelle nationale et régionale des conditions du milieu dans chaque pays et leur comparaison. En revanche, à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest, l'Indonésie s'étendrait du Sénégal au Soudan. C'est pourquoi l'étude se limitera, pour ce pays, aux régions qui ont connu ces dernières années une forte expansion de leur cacaoculture : pour Sulawesi, les régions Centre et Sud et, pour Sumatra, les régions Nord, Jambi, Bengkulu, Sud et Lampung.

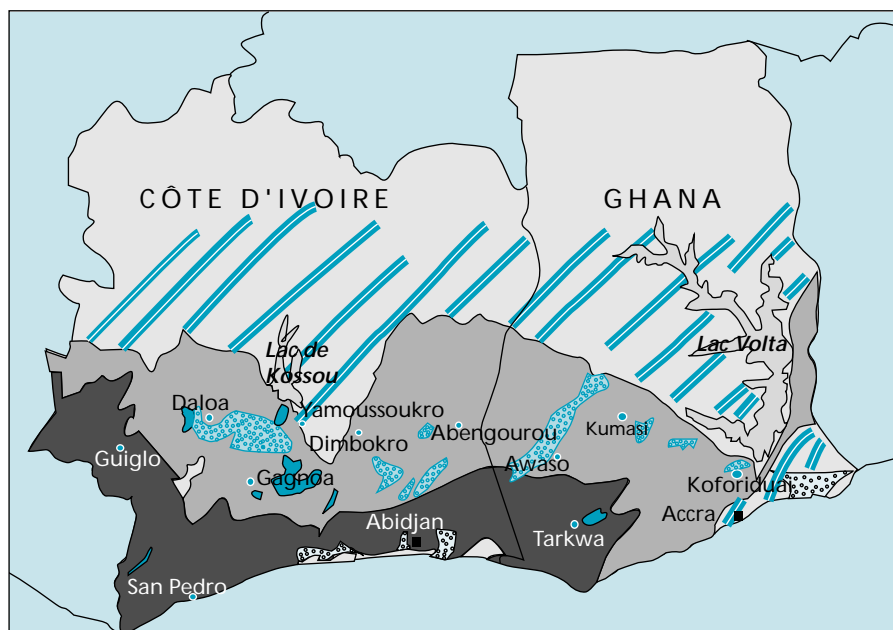
La comparaison est fondée sur les facteurs physiques et biotiques — sols, climat (pluviosité, ensoleillement), maladies et parasites —, en retenant à chaque fois seulement les éléments pertinents et discriminants pour la cacaoculture.

Les conditions pédologiques

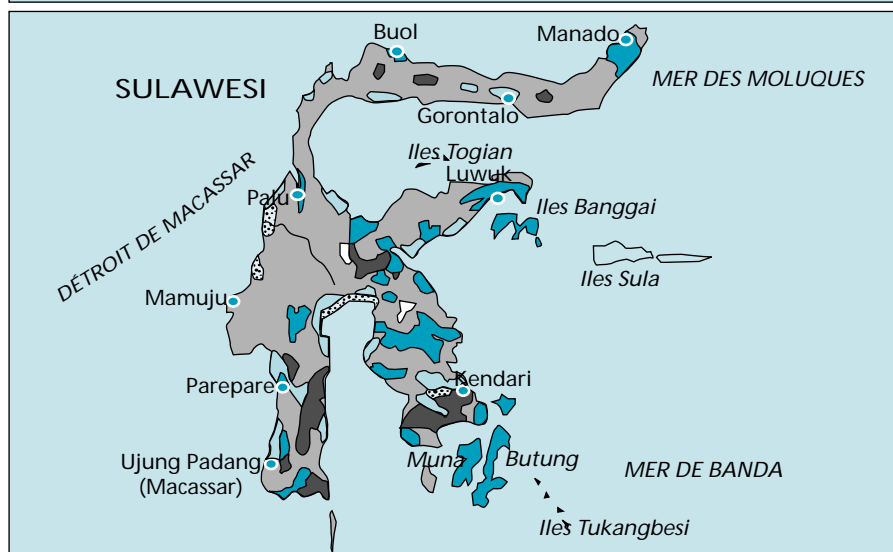
La comparaison repose sur les conditions pédologiques qui règnent dans les zones de cacaoculture, actuelles ou potentielles, des trois pays. L'échelle temporelle et spatiale utilisée ne permet pas, ou mal, de rendre compte dans le détail des phénomènes liés à la situation topographique (zones en forte pente, sols peu évolués de sommet de colline), qui peuvent rendre un sol inapte à la cacaoculture, et à l'horizon de surface, dont

certaines caractéristiques, notamment la teneur en matière organique et la flore adventice, influencent fortement l'aptitude à l'installation des jeunes cacaoyers. Ces caractéristiques dépendent principalement du précédent cultural et du mode de défriche, mais peu du type de sol.

La comparaison des données est rendue difficile du fait des différentes classifications des sols utilisées : Orstom (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération), USDA (United States Department of Agriculture), FAO. Un travail de rapprochement des sources et de simplification, qui ne retient que les critères pédologiques pertinents pour la cacaoculture, a permis d'ébaucher pour chaque pays une carte simplifiée des sols selon leur aptitude à la cacaoculture (cartes 1 à 3).

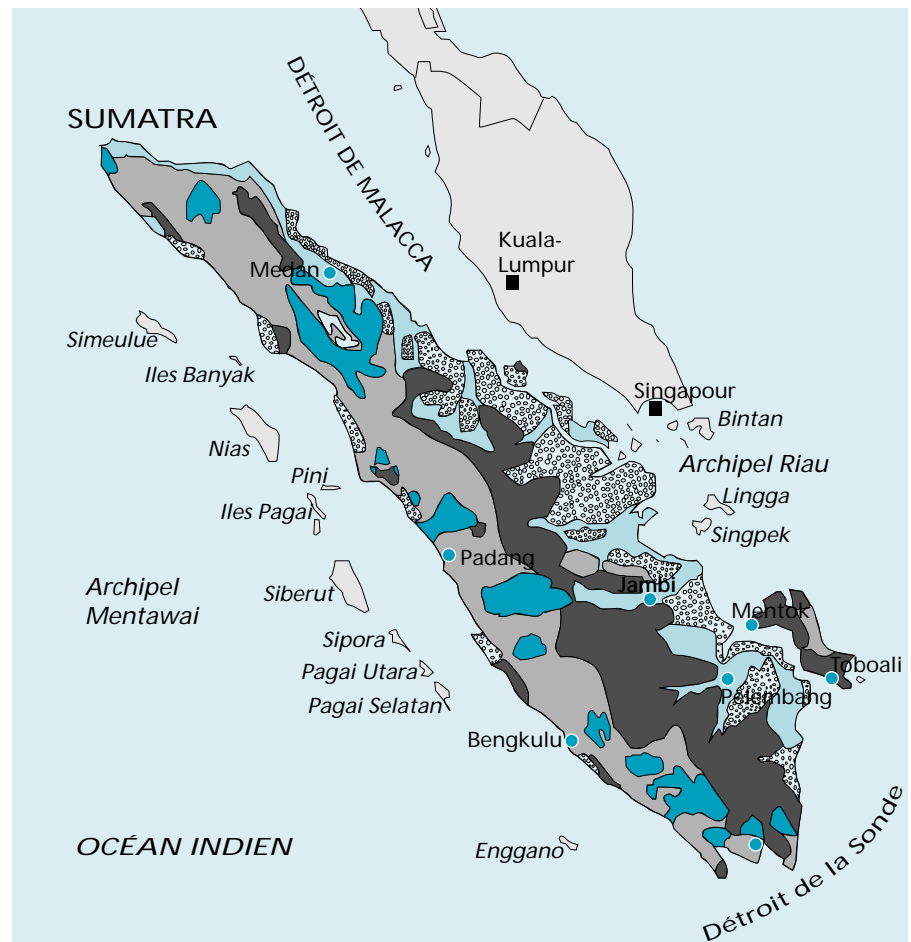


Carte 1. Les sols des zones cacaoyères de Côte d'Ivoire et du Ghana, d'après Anon. (1969), Anon. (1971), Avenard (1971). / *Soils in the cocoa growing zones of Côte d'Ivoire and Ghana, as per Anon. (1969), Anon. (1971), Avenard (1971).*



Carte 2. Les sols de Sulawesi, d'après Anon. (1990). *Soils in Sulawesi, as per Anon. (1990).*

Carte 3. Les sols de Sumatra, d'après Anon. (1990).
Soils in Sumatra, as per Anon. (1990).



Légende des cartes (1 à 3) pédologiques simplifiées / Key to simplified soil maps (1 to 3)

Aptitude pour la cacaoculture <i>Suitability for cocoa</i>	Ghana - Côte d'Ivoire (classification française /French classification)	Sumatra-Sulawesi (Classification USDA/USDA classification)
très favorable <i>highly suitable</i>	<ul style="list-style-type: none"> sols ferrallitiques faiblement désaturés issus de roches basiques (souvent rajeunies) <i>slightly desaturated ferrallitic soils originating from basic rocks (often rejuvenated)</i> sols bruns eutrophes tropicaux/<i>tropical eutrophic brown soils</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Dystrandepts Tropudalfs Eutropepts (+ parfois Eutrandept ou Rendolls) / <i>Eutropepts (+ sometimes Eutrandepts or Rendolls)</i>
très favorable <i>highly favourable</i>	<ul style="list-style-type: none"> sols ferrallitiques moyennement désaturés : <i>moderately desaturated ferrallitic soils:</i> - typiques issus de granite/<i>typical, originating from granite</i> - remaniés modaux avec recouvrement issus de granite <i>reworked modal, with covering, originating from granite</i> 	
favorable / <i>suitable</i>	<ul style="list-style-type: none"> sols ferrallitiques moyennement désaturés <i>moderately desaturated ferrallitic soils</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Dystropepts
peu favorable <i>largely unsuitable</i>	<ul style="list-style-type: none"> sols ferrallitiques fortement désaturés (modaux ou remaniés-modaux ; issus de granite ou de micaschistes) <i>highly desaturated ferrallitic soils (modal or reworked modal; originating from granite or micaschists)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Tropudults Paleudults (+ parfois Paleustults) (+ <i>sometimes Paleustults</i>)
inapte <i>totally unsuitable</i>	<ul style="list-style-type: none"> sols hydromorphes organiques <i>organic soils liable to waterlogging</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Fluvaquents Tropohemists Hydraquents
généralement favorable <i>generally suitable</i>	<ul style="list-style-type: none"> sols alluviaux (plus ou moins évolués) <i>alluvial soils (more or less evolved)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Tropaquepts
peu favorable à inapte <i>largely to totally unsuitable</i>	<ul style="list-style-type: none"> sols ferrallitiques et ferrugineux de savane <i>ferrallitic and ferruginous savannah soils</i> 	

Sur ces cartes, cinq types de sols sont identifiés.

- Les sols inaptes à la cacaoculture : sols hydromorphes, classés comme fluvaquents, trophemists ou hydraquents. Ces sols sont largement représentés le long de la côte nord-est de Sumatra.
- Les sols peu favorables à la cacaoculture : sols ferrallitiques fortement désaturés, principalement tropudults et paleudults. Ces sols couvrent le sud de la Western Region, au Ghana, les franges sud et ouest de la Côte d'Ivoire, ainsi qu'une grande partie des provinces de Jambi, de Sud-Sumatra et de Lampung, à Sumatra. La pauvreté de ces sols en éléments minéraux conduit, en l'absence de fertilisation minérale de compensation, à un plafonnement de la production (rendements maximaux inférieurs à 800 kg/ha) et à une sénescence précoce du verger (en culture de plein soleil, les rendements présentent une tendance à la baisse dès la 10^e année environ).
- Les sols favorables à la cacaoculture : sols ferrallitiques moyennement désaturés (dystropepts). Ces sols se trouvent principalement dans les zones cacaoyères traditionnelles de Côte d'Ivoire (régions est et centre-ouest) et du Ghana (Eastern Region, pays Ashanti), ainsi que sur de larges étendues de Sulawesi et de Sumatra. Dans ces conditions, il est possible d'atteindre des rendements potentiels, sans fertilisation et sous ombrage permanent léger ou nul, de 1 500 kg/ha/an environ, durant une quinzaine d'années.
- Les sols très favorables à la cacaoculture. Il s'agit de sols peu désaturés, à capacité d'échange élevée — d'où une meilleure réponse à la fertilisation minérale —, généralement profonds et bien drainants. En Côte d'Ivoire et au Ghana, ces sols ne couvrent qu'une étendue limitée : sols bruns eutrophes tropicaux — vers Oumé en Côte d'Ivoire, par exemple, région qui est l'un des premiers foyers de développement de la cacaoculture dans ce pays —, sols ferrallitiques faiblement désaturés, souvent rajeunis, issus de roches basiques, présents sous forme

d'inclusions dans l'ouest et le centre-ouest ivoirien, sols ferrallitiques moyennement désaturés typiques issus de granite, près de Niablé, Adzopé ou Agboville dans l'est de la Côte d'Ivoire, localement en pays Ashanti et dans le nord de la Western Region au Ghana, et sols ferrallitiques moyennement désaturés remaniés modaux avec recouvrement issus de granite, de la région de Sinfra-Daloa en Côte d'Ivoire. Ces sols sont beaucoup plus répandus en Indonésie : sols développés sur cendres volcaniques (andosols, dystrandepts), à Sumatra, notamment dans la région de Medan Permatang Siantar, sols de type eutropepts, tropudalfs et rendolls à Sulawesi-Tengara.

- Les sols alluviaux (tropaquepts), qui couvrent des superficies importantes le long du golfe de Bolé à Sulawesi et sur la côte nord-est de Sumatra, ont une aptitude à la cacaoculture très variable. Lorsque l'engorgement permanent ou fréquent du sol est évité par une position topographique légèrement surélevée ou par un réseau de canaux de drainage, ces sols peuvent être considérés comme favorables à très favorables à la cacaoculture.

Pour conclure cette comparaison rapide des situations pédologiques, il apparaît qu'en Côte d'Ivoire et au Ghana, les sols favorables à très favorables à la cacaoculture ont déjà fait l'objet d'une mise en valeur, parfois ancienne comme dans les vieilles plantations de l'Eastern Region au Ghana et de l'est et du centre-ouest en Côte d'Ivoire. L'expansion des plantations observée depuis dix ans s'est réalisée sur des sols peu favorables, dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire et dans le sud de la Western Region du Ghana. La cacaoculture indonésienne s'est quant à elle développée principalement sur des sols favorables à très favorables et, notamment, sur des sols à capacité d'échange élevée, qui valorisent bien les apports d'engrais minéraux. De plus, de vastes étendues situées sur des sols favorables à très favorables restent disponibles pour de nouvelles plantations².

Le climat

Les températures et l'ensoleillement

D'après les données météorologiques disponibles, les conditions de température et d'ensoleillement ne présentent pas, à l'échelle utilisée, de différences notables entre les zones cacaoyères de Sumatra, de Sulawesi, de Côte d'Ivoire et du Ghana. Les

températures au niveau de la mer se situent entre 24 °C et 29 °C, les températures minimales sont largement supérieures aux 10 °C requis en cacaoculture³. Il s'agit de conditions de température très favorables à la cacaoculture. Il est à noter que les températures moyennes sont cependant légèrement plus élevées en Indonésie qu'en Afrique de l'Ouest, ce qui entraîne la production d'un cacao dont le beurre est plus dur.

L'ensoleillement total annuel est d'environ 1 700 à 1 900 heures, dans le sud de la Côte d'Ivoire et du Ghana, et de 2 000 à 2 100 heures, dans les zones cacaoyères de Sumatra et de Sulawesi. Selon le modèle d'élaboration du rendement mis au point à l'université de Wageningen — modèle fondé sur une approche d'assimilation et de répartition des photosynthats —, cette légère différence d'ensoleillement n'entraîne pas de différence importante du rendement potentiel calculé par le modèle : 2,6 t/ha/an pour Medan, à Sumatra, contre 2,5 t/ha/an pour Tafo, au Ghana (Gerritsma et Wessel, 1994).

La pluviosité

La pluviométrie totale annuelle ainsi que la répartition des pluies sur l'année doivent être considérées.

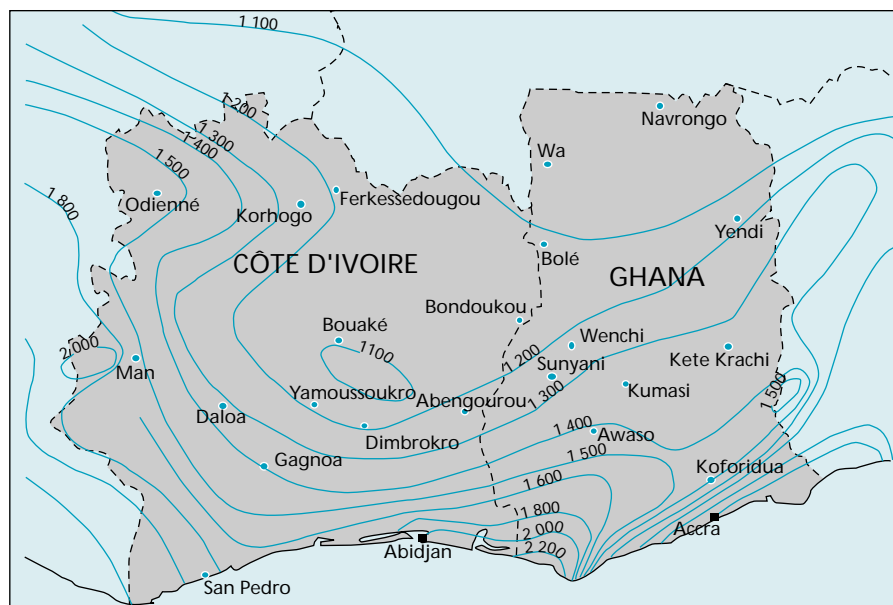
Les principales saisons

Dans le sud du Ghana et de la Côte d'Ivoire, la répartition des pluies suit un régime à quatre saisons : une grande saison sèche, de novembre à février-mars, durant laquelle peut souffler l'harmattan, un vent sec venant du Sahara ; une petite saison sèche, en juillet et en août, durant laquelle l'hydrométrie de l'air demeure cependant élevée (ciel nuageux) ; deux saisons des pluies, dont l'importance relative fluctue d'une région à l'autre, de mars à juin et de septembre à novembre. Seule la région cacaoyère située dans l'extrême ouest ivoirien, la région de Danane-Toulepleu, fait exception puisqu'elle n'a que deux saisons et une seule saison des pluies, d'avril à novembre. Il s'agit d'une région d'importance marginale pour la cacaoculture ivoirienne.

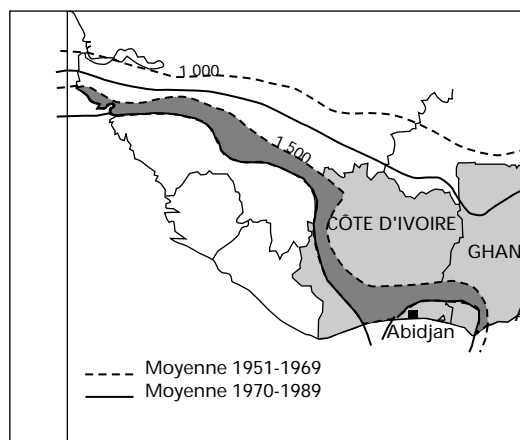
Le régime de pluies est beaucoup plus diversifié en Indonésie du fait de la dispersion, en longitude et en latitude, des îles de l'archipel et en raison de l'existence d'importants massifs montagneux. En Indonésie, les saisons dépendent de deux moussons : la mousson maritime du nord et du nord-ouest, qui apporte des pluies sur tout l'archipel, avec des maximums de précipitation entre octobre, à Bornéo, et janvier, à Java, et la mousson du sud-est, portée par des vents

² Cependant, les zones alluviales et le bas des pentes étant en partie occupés, ces expansions concerneront de plus en plus des zones de colline ou de montagne aux sols moins profonds (moins réserve hydrique) et en pente (risque d'érosion accru).

³ Il s'agit de températures en plaine ou en colline. En altitude, dans les zones montagneuses de Sumatra, par exemple, les températures peuvent être beaucoup plus faibles et rendent la cacaoculture impossible.



Carte 4. Pluviométrie annuelle totale au Ghana et en Côte d'Ivoire : moyennes des années 1951-1989, d'après L'Hôte et al. (1996). / Total annual rainfall in Ghana and Côte d'Ivoire: means for 1951-1989, as per L'Hôte et al. (1996).



Carte 5. Déplacement vers le sud des isohyètes au Ghana et en Côte d'Ivoire : périodes 1951-1969 et 1970-1989, d'après L'Hôte et al. (1996). / Southward shift of isohyets in Ghana and Côte d'Ivoire: 1951-1969 and 1970-1989 periods, as per L'Hôte et al. (1996).

continentaux provenant d'Australie. Ces masses d'air au départ sèches se chargent progressivement d'humidité en se déplaçant vers le nord et vers l'ouest. Dans l'ouest de Java, cette mousson apporte des pluies abondantes, avec un maximum de précipitations entre avril et juin. A Sumatra et à Sulawesi, la mousson du sud-est apporte aussi des pluies, mais en quantité moindre que la mousson maritime du nord-nord-ouest.

Il existe un fort contraste entre la répartition des pluies en Afrique de l'Ouest et en Indonésie. La plupart des zones cacaoyères de Sumatra et de Sulawesi ne connaissent pas plus de deux à trois mois secs consécutifs. Seules quelques zones d'étendue limitée font exception : le Sud-Lampung et

l'Est-Medan, à Sumatra. A l'exception de l'extrême sud-est et sud-ouest ivoiriens et de l'extrême sud-ouest ghanéen, où la saison sèche dure moins de trois mois, l'essentiel des zones cacaoyères ivoirienne et ghanéenne connaît de quatre à six mois secs consécutifs, avec de plus une saison des pluies interrompue en juillet et en août par un mois sec, la petite saison sèche.

L'existence de quatre à six mois secs consécutifs entraîne pour les cacaoyers des périodes de déficit hydrique, en l'absence d'irrigation, qui se traduisent, en phase d'installation de la plantation, par la mort de nombreux jeunes plants — d'où des surcoûts liés au remplacement des plants morts et des pertes de revenus liées à la baisse des premières productions. Ainsi, les taux moyens de remplacement observés en 1989 sur un échantillon de 50 parcelles de 2 ans mises en place par semis direct sur défriche forestière dans l'est de la Côte

d'Ivoire étaient de 39 % (Petithuguenin, 1995). Sur les plantations adultes, ces périodes de déficit hydrique ont pour conséquences une baisse des rendements et une fragilisation des cacaoyers due à l'accroissement des dégâts de mirides. Cet impact de l'alimentation hydrique sur la production peut être illustré par les calculs de production potentielle : 2,3 t/ha/an à Medan, contre 1,6 t/ha/an à Tafo (Gerristma et Wessel, 1994). Sur les plantations en production, la présence d'une petite saison sèche survenant pendant la phase de remplissage des cabosses de la récolte principale peut, si cette sécheresse est marquée, affecter la taille des fèves.

Les conditions pluviométriques des zones cacaoyères de Côte d'Ivoire et du Ghana sont donc plus contraignantes pour l'installation et la production des cacaoyères et pour la qualité du cacao récolté (taille des fèves) que celles qui prévalent dans les zones cacaoyères d'Indonésie. Cependant, l'abondance des précipitations et l'absence de mois secs dans certaines régions indonésiennes représentent un désavantage : elles favorisent les maladies des cabosses, entre autres les pourritures dues à *Phytophthora* sp., et entravent le séchage du cacao.

La pluviométrie totale annuelle

Les zones cacaoyères de Sumatra et de Sulawesi reçoivent généralement plus de 2 000 mm de pluies par an, alors que celles de Côte d'Ivoire et du Ghana en reçoivent presque toutes moins de 2 000 mm⁴ (cartes 4 à 7). Il existe donc, pour ce critère, un net écart entre l'Indonésie, d'une part, et la Côte d'Ivoire et le Ghana, d'autre part.

L'évolution récente du climat

Le climat de l'Afrique de l'Ouest a évolué au cours des quarante dernières années (carte 5), il est donc utile de compléter cette comparaison des climats moyens sur une longue période par une comparaison des évolutions tendanciennes.

En Côte d'Ivoire, la pluviosité tend, depuis 1950, à diminuer dans le sud. Cet assèchement est sensible sur la pluviométrie totale annuelle de plusieurs postes météorologiques situés en zone cacaoyère, mais il est surtout marqué sur les déficits hydriques annuels calculés pour une culture donnée. C'est ainsi que, pour une plantation de palmiers à huile près de Divo, le déficit hydrique moyen serait passé de 200 à 300 mm par an dans les années 50, à 500 mm en moyenne dans les années 70 (Quencez, 1987). Une évolution analogue a été observée au Ghana : à Kumasi (pays Ashanti), la

⁴ Au Ghana et en Côte d'Ivoire, il existe un gradient de pluviométrie croissante de l'est vers l'ouest, de 1 200 mm dans l'est à 2 000 mm dans le sud-ouest.

pluviométrie totale annuelle est passée de 1 500 mm avant 1968 à 989 mm en moyenne entre 1980 et 1991, valeur inférieure au seuil de 1 100 mm généralement admis pour une cacaoculture rentable.

Le climat dans le sud de la Côte d'Ivoire et du Ghana présente donc depuis quelques décennies une tendance à l'assèchement défavorable à la cacaoculture. À l'inverse, l'évolution entre 1952 et 1993 de la pluviométrie totale annuelle sur quatre postes météorologiques à Sumatra (Bonneau, 1995) ne fait pas ressortir de tendance nette⁵. Il semble donc que l'avantage climatique dont jouit la cacaoculture indonésienne par rapport à la Côte d'Ivoire et au Ghana ait tendance à s'accroître.

Même si, pour ces trois pays, les évolutions peuvent être considérées comme réversibles, elles doivent être prises en compte dans la comparaison à court et à moyen terme des conditions du développement et des performances des secteurs cacaoyers.

Le contexte phytoparasitaire

Dans toutes les zones de production, la rentabilité de la cacaoculture est sérieusement compromise par les insectes ravageurs et par les maladies fongiques ou virales. Au Brésil, on rencontre la maladie du balai de sorcière et la pourriture brune des cabosses, provoquée par *Phytophthora* sp. ; en Malaisie, les mirides, le foreur des cabosses (*cocoa pod borer*) *Conopomorpha cramerella* et la maladie du *vascular streak die-back* (VSD), due à *Oncobasidium theobromae* ; en Équateur, la maladie du balai de sorcière et la moniliose ; au Cameroun et au Nigeria, les mirides et la pourriture brune des cabosses. Il n'existe cependant pas d'études sur de larges échantillons, qui permettraient d'évaluer l'impact réel sur la production des dégâts provoqués par ces attaques. Les trois pays étudiés ne sont pas épargnés.

Les ravageurs

En Côte d'Ivoire et au Ghana, les principaux ravageurs sont les mirides : *Distantiella theobromae* et *Sahlbergella singularis*. La pullulation de ces insectes piqueurs affecte directement et à court terme la production. Elle provoque le flétrissement des jeunes cabosses et entraîne une chute du rendement qui se situe géné-

⁵ Cependant, plusieurs années anormalement sèches se sont succédées dans certaines zones d'Indonésie et, notamment, dans le sud de Sumatra (Bonneau, 1995).



Carte 6. Pluviométrie annuelle totale à Sumatra, d'après Anon. (1990). / Total annual rainfall in Sumatra, as per Anon. (1990).

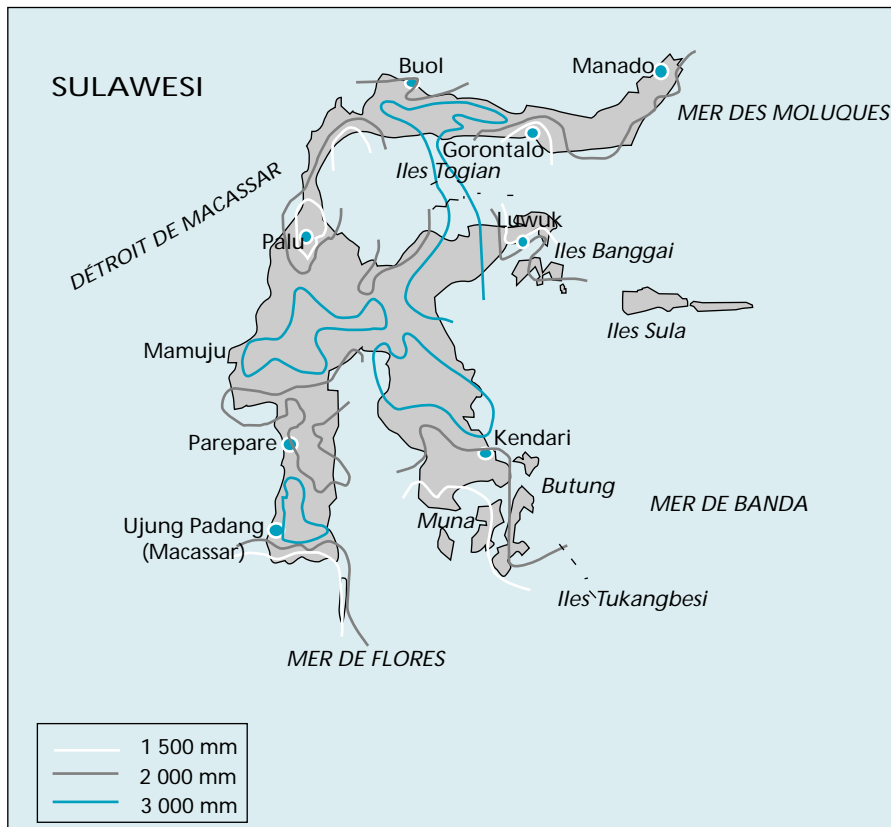
ralement entre 25 et 30 %. Ces ravageurs, qui piquent également les jeunes rameaux, ont aussi des effets indirects à plus long terme : défoliation partielle ou totale des cacaoyers, qui peut aller jusqu'à la mort de l'arbre et permet la prolifération de plantes adventices, entraînant ainsi le renchérissement du désherbage de la plantation. Des mirides du genre *Helopeltis* sont présentes en Indonésie, mais sans provoquer de dégâts importants dans la plupart des cas.

Parmi tous les ravageurs du cacaoyer, et du fait du poids des pays producteurs africains dans la production mondiale de cacao, on peut affirmer que les mirides sont les ravageurs qui actuellement affectent le plus la production mondiale de cacao, en dépit de l'existence de techniques de contrôle chimique efficaces, considérées comme rentables dans les conditions ouest-africaines.

Le principal ravageur en Asie du Sud-Est (Malaisie, Philippines, Indonésie) est le *cocoa pod borer*. Les pertes dues à ce ravageur peuvent atteindre 80 % de la récolte en l'absence de mesures de contrôle. En zone

endémique, le taux de perte moyen est estimé à 50 %. Historiquement, il semble que c'est bien l'importance des dégâts dus à ce ravageur qui a porté un coup d'arrêt au développement de la cacaoculture à Sulawesi au début du XX^e siècle. Il existe des mesures qui permettent de réduire ces pertes à moins de 10 %, comme cela a été démontré dans les cacaoyères de Bal Plantation en Malaisie, mais elles sont coûteuses et d'application difficile : nombreux traitements insecticides — de 8 à 24 par an, d'où des risques de contamination du cacao commercialisé —, récolte complète et fréquente des cabosses, ce qui n'est réalisable que sur des cacaoyers jeunes ou dont la croissance en hauteur est limitée par une taille fréquente.

Le *cocoa pod borer* n'était pas, jusqu'à la fin de 1995, présent dans toutes les zones cacaoyères d'Indonésie : il est endémique depuis le début du siècle dans l'est de Java et dans l'extrême nord de Sulawesi. Il serait arrivé, ou revenu, dans l'est de Kalimantan dans les années 80, dans la partie centrale de Sulawesi, en 1991, dans l'ouest de



Carte 7. Pluviométrie annuelle totale à Sulawesi, d'après Anon. (1990). / Total annual rainfall in Sulawesi, as per Anon. (1990).

Kalimantan et de Sumatra, en 1993, dans le nord de Sumatra et dans la partie sud-est de Sulawesi, en 1995. A la fin de 1995, le *cocoa pod borer* était absent de certains secteurs de Sumatra et de la plus grande partie de Sulawesi-Tenggara, une importante région cacaoyère du sud de Sulawesi, où il n'a été repéré que dans le secteur de Kolaka. Cependant, eu égard à la rapidité avec laquelle il s'est dispersé ces dernières années, ce ravageur sera probablement présent dans l'ensemble des zones cacaoyères d'Indonésie d'ici quelques années. En l'absence de techniques de contrôle peu coûteuses et facilement applicables, le *cocoa pod borer* représente donc une menace sérieuse pour la cacaoculture indonésienne.

Les maladies

La pourriture brune des cabosses entraîne des pertes de production dans presque toutes les zones de cacaoculture du monde. L'importance de ces pertes dépend des conditions climatiques locales et de l'espèce de *Phytophthora* présente.

En Côte d'Ivoire, au Ghana et en Indonésie, la pourriture brune des cabosses

⁶ En Indonésie, *P. palmivora* infecte parfois les troncs et peut se révéler localement un problème sérieux, qui nécessite des traitements fongicides par injection.

est occasionnée par l'espèce peu virulente *P. palmivora*, et les pertes sont généralement limitées (10 à 15 %)⁶. Ces pertes peuvent atteindre localement et certaines années 30 %, notamment dans les zones plus arrosées, à San Pedro en Côte d'Ivoire, par exemple. Le contrôle de cette maladie est coûteux et contraignant car il requiert de 4 à 8 pulvérisations de fongicides par an. Le coût de ce traitement n'est généralement pas compensé par le gain de récolte obtenu.

La situation pourrait évoluer dans les prochaines années en Afrique de l'Ouest du fait de la dispersion vers l'ouest de l'espèce virulente *P. megakarya*, qui occasionne des pertes de 50 à 80 % au Nigeria et au Cameroun. Pour ces taux de perte, la lutte chimique devient rentable pour les cacaoyères qui ont un rendement minimal de 600 kg/ha/an. *P. megakarya* a été identifié au Ghana au milieu des années 80 dans deux zones de cacaoculture marginale, mais des études plus récentes montrent qu'il serait maintenant présent dans tout le sud du pays. A l'image de ce qui s'est produit au Togo au cours des vingt dernières années, il est très probable que *P. megakarya* supplantera progressivement *P. palmivora* dans les cacaoyères ghanéennes. La pré-

sence de *P. megakarya* en Côte d'Ivoire n'a pas encore été prouvée, mais l'arrivée de ce pathogène semble inéluctable car il existe, dans certains secteurs, comme la région de Niablé dans l'est, des cacaoyères de part et d'autre de la frontière entre ces deux pays.

Le climat du Ghana et de la Côte d'Ivoire étant plus sec que celui du Nigeria et du sud-ouest du Cameroun, il est possible que *P. megakarya* n'entraîne à terme au Ghana et en Côte d'Ivoire que des pertes de 30 à 50 %, contre 50 à 80 % dans le sud-ouest du Cameroun. Dans le cas des cacaoyères de Côte d'Ivoire, qui ont un rendement potentiel plus élevé que celles du Ghana, on peut estimer, au coût actuel des facteurs, que la lutte chimique serait alors rentable sur une grande partie du verger.

La maladie due au *cocoa swollen shoot virus* (CSSV) est aussi à l'origine de pertes de production importantes au Ghana, pays où cette maladie a été pour la première fois identifiée en 1936. Pour ce virus transmis par des insectes piqueurs, les cochenilles, il existe plusieurs souches, qui présentent différents degrés de virulence. Les souches les plus virulentes peuvent provoquer, moins de cinq ans après l'apparition des premiers symptômes, une chute presque totale de la production et souvent même la mort de l'arbre. Cependant, il existe de nombreuses souches peu ou non virulentes, qui entraînent des symptômes sur les feuilles ou sur les jeunes tiges, mais qui sont sans effet sur la production. Aucune estimation fiable des pertes de récolte directement imputables à cette maladie n'a pu être réalisée au Ghana, faute de connaître la proportion des différentes souches présentes (très virulentes, moyennement virulentes, peu ou non virulentes).

Des symptômes dus au CSSV ont été observés sur des cacaoyers en Côte d'Ivoire dès la fin des années 40, mais sans répercussions sur la production : on suppose qu'ils sont le fait de souches peu virulentes, comme au Nigeria.

En l'absence de technique de traitement, la seule mesure de contrôle est de prévenir l'expansion de la maladie en arrachant les arbres atteints et les arbres voisins, probablement déjà porteurs du virus mais sur lesquels la maladie ne s'est pas encore manifestée. S'il n'existe pas d'estimation fiable de l'impact direct du CSSV sur la production de cacao au Ghana, on peut affirmer que cette maladie a eu indirectement des répercussions considérables sur la cacaoculture : de vastes programmes d'arrachage ont été entrepris, entraînant une perte de

Tableau 1. La situation phytosanitaire de la cacaoculture en Côte d'Ivoire, au Ghana et en Indonésie. / *Phytosanitary conditions for cocoa growing in Côte d'Ivoire, Ghana and Indonesia.*

	Côte d'Ivoire	Ghana	Indonésie /Indonesia
Mirides/Mirids • <i>Distantiella</i> et /and <i>Sahlbergella</i> • <i>Helopeltis</i>	incidence forte/high impact incidence faible/low impact	incidence forte / high impact incidence faible / low impact	absence / not found incidence moyenne / moderate impact
cocoa pod borer	absent/not found	absent / not found	incidence moyenne à forte, en expansion moderate to high impact, increasing
Pourriture brune /Black pod • <i>P. palmivora</i> • <i>P. megakarya</i>	incidence moyenne à faible moderate to low impact théoriquement absent theoretically not found	incidence moyenne à faible moderate to low impact présent, incidence faible en expansion some, low but increasing impact	incidence faible / low impact absent/not found
CSSV	incidence nulle / no impact	incidence (directe et indirecte) moyenne moderate (direct and indirect) impact	absent/not found
VSD	absent /not found	absent/not found	incidence faible /low impact

Tableau 2. Evolution de la situation phytosanitaire. / *Changes in phytosanitary conditions.*

	Côte d'Ivoire	Ghana	Indonésie / Indonesia
Facteur de risque <i>Risk factor</i>	arrivée de <i>P. megakarya</i> arrival of <i>P. megakarya</i>	présence généralisée de <i>P. megakarya</i> <i>P. megakarya</i> widespread	présence généralisée du cocoa pod borer cocoa pod borer widespread
Facteur aggravant <i>Exacerbating factor</i>	nombreux échanges est-ouest (dispersion rapide) numerous East-West exchanges (rapid spread)	absentéisme des propriétaires, localement rareté de la main-d'œuvre owner absenteeism, local lack of labour	nombreux échanges (dispersion rapide) numerous exchanges (rapid spread)
Degré d'urgence <i>Degree of urgency</i>	court et moyen terme short and medium term	court terme short term	court terme short term
Effet probable <i>Probable effect</i>	jusqu'à 50 % de pertes en climat humide (ouest) up to 50% losses in humid climates (West)	jusqu'à 50 % de pertes en climat humide (Western Region) up to 50% losses in humid climates (Western Region)	pertes de 50 à 80 % 50 to 80% losses
Facteur d'espoir <i>Reasons for optimism</i>	culture en plein soleil, petite saison sèche, assèchement du climat défavorable à la maladie cultivation in full sunlight, short dry season, drying out of the climate unfavourable to the diseases		aptitude à l'innovation, système de culture facilitant les mesures de contrôle aptitude for innovation, measure cropping system that facilitates control

production de 30 000 t/an, soit près de 10 % de la production nationale.

La dispersion de la maladie est lente et la sélection de cultivars totalement résistants, pour remplacer le matériel relativement tolérant actuellement distribué, a une faible probabilité d'aboutir à court ou à moyen terme. Dans ces conditions, on peut considérer, dans le cadre de cette étude, que l'impact de la maladie sur la cacaoculture ghanéenne devrait rester stable dans les prochaines années⁷. Les autres maladies dont souffre la cacaoculture dans les trois pays étudiés — *Corticium salmonicolor* et le VSD, maladie pour laquelle ont été diffusés et adoptés des cultivars résistants — seront considérées comme secondaires dans le cadre de cette étude.

⁷ Sauf si un vaste et coûteux programme d'arrachage était mis en place sur un nombre d'arbres équivalent à 25 000 ha, dont la production peut être estimée entre 4 000 et 8 000 t/an.

Les avantages et les contraintes

Présenter une synthèse des conditions phytosanitaires, pédologiques et climatiques orientée vers la comparaison des aptitudes globales à la cacaoculture en Côte d'Ivoire, au Ghana et en Indonésie est un exercice de pondération et de hiérarchisation périlleux, et cela pour trois raisons principales. L'échelle de comparaison — le pays et la province — ne permet pas de rendre compte de la variabilité des conditions de culture à l'échelon local du terroir villageois ou de la parcelle, notamment d'un point de vue pédologique. Il existe, d'autre part, de nombreuses interactions entre facteurs biologiques, climatiques et pédologiques — entre le climat et l'incidence des attaques de mirides, entre la fertilisation et les pluies ou l'irrigation, par exemple —, qui n'ont pas été quantifiées ou modélisées.

Les facteurs économiques et sociaux peuvent aussi modifier l'importance relative de

certaines contraintes du milieu : ainsi, la pauvreté minérale des sols du sud-ouest de la Côte d'Ivoire peut devenir un facteur secondaire si les engrais sont disponibles et peu coûteux ; le renchérissement d'un pesticide peut faire passer une maladie du statut d'affection maîtrisée, et donc d'importance secondaire, à celui de maladie incontrôlable. C'est pourquoi cette synthèse a été esquissée sous la forme de tableaux comparatifs des situations actuelles, mais aussi des évolutions probables (tableaux 1 à 4).

Il ressort de ces tableaux que les principales zones cacaoyères de Sulawesi et de Sumatra réunissent actuellement des conditions très favorables à la cacaoculture — rendements potentiels élevés et bonnes possibilités d'expansion du verger —, notamment au point de vue pédoclimatique. En Côte d'Ivoire et au Ghana, les rendements potentiels sont limités par les conditions de sol (fertilité le plus souvent moyenne) et de climat (saisons sèches prolongées), mais aussi par l'incidence des mi-

Tableau 3. Les situations pédoclimatiques de la cacaoculture (rendements et qualités potentiels) en Côte d'Ivoire, au Ghana et en Indonésie. / *Soil and climatic conditions for cocoa (potential yields and quality) in Côte d'Ivoire, Ghana and Indonesia.*

Facteur	Côte d'Ivoire	Ghana	Indonésie / Indonesia
Températures / Temperatures	favorables / <i>suitable</i>	favorables / <i>suitable</i>	favorables / <i>suitable</i>
Ensoleillement / Sunshine	favorable / <i>suitable</i>	favorable / <i>suitable</i>	très favorable / <i>highly suitable</i>
Pluviométrie totale annuelle <i>Annual total rainfall</i>	1 250-2 000 mm, limitante à favorable <i>marginal to suitable</i>	1 250-2 000 mm, limitante à favorable <i>marginal to suitable</i>	2 000-3 000 mm, favorable <i>suitable</i>
Répartition des pluies <i>Rainfall pattern</i>	4 à 6 mois secs, limitante pour la production et l'installation <i>4 to 6 dry months, marginal for production and establishment</i>	4 à 6 mois secs, limitante pour la production et l'installation <i>4 to 6 dry months, marginal for production and establishment</i>	moins de 3 mois, favorable à la production des cabosses <i>under 3 months, favours pod production</i>
Sols <i>Soils</i>	généralement d'aptitude bonne à faible, peu de sols très favorables <i>generally good to poor, few areas of highly suitable soils</i>	généralement d'aptitude bonne à faible, peu de sols très favorables <i>generally good to poor, few areas of highly suitable soils</i>	sols très favorables à favorables, localement sols peu à favorables (sud de Sumatra) ou inaptes (hydromorphes) <i>highly suitable to suitable soils, few areas of largely unsuitable (southern Sumatra) or totally unsuitable (waterlogged) soils</i>
Influence du climat sur la qualité intrinsèque des fèves <i>Climatic impact on intrinsic bean quality</i>	favorable sauf récolte intermédiaire (petites fèves) <i>favourable except mid-crop (small beans)</i>	favorable sauf récolte intermédiaire (petites fèves) <i>favourable except mid-crop (small beans)</i>	températures défavorables (petites fèves et moindre teneur en beurre, même si le beurre est plus dur) <i>unfavourable temperatures (small beans containing less butter, although the butter is harder)</i>
Influence du climat sur le séchage solaire <i>Climatic impact on sun-drying</i>	pas de problèmes ou peu dans le sud-ouest <i>few or no problems in the Southwest</i>	pas de problèmes ou peu dans le sud-ouest <i>few or no problems in the Southwest</i>	climat défavorable (pluies) <i>unsuitable climate (rain)</i>

Tableau 4. Evolution de la situation pédoclimatique. / *Changes in soil and climatic conditions.*

	Côte d'Ivoire - Ghana	Indonésie / Indonesia
Changement climatique <i>Climatic change</i>	diminution de la pluviométrie totale et allongement de la saison sèche <i>reduction in total rainfall and lengthening of dry season</i>	allongement de la saison sèche (?) <i>lengthening of dry season (?)</i>
Conditions pédologiques <i>Soil conditions</i>	épuiement des réserves sur sols favorables, plantations récentes sur sols peu favorables <i>exhaustion of land reserves on suitable soils, recent plantings on largely unsuitable soils</i>	importantes réserves forestières sur de bons sols, mais parfois en pente moyenne à forte <i>large forest reserves on good soils, but sometimes on moderate to steep slopes</i>
Conséquences <i>Consequences</i>	chute du rendement, diminution de la taille des fèves, difficultés accrues à l'installation <i>falling yields, reduction in bean size, increased establishment problems</i>	mortalité élevée des jeunes plants certaines années et sur certains sols <i>high mortality among young plants in certain years and on certain soils</i>
Facteur d'espoir <i>Reasons for optimism</i>	existence de forêts secondaires et de vieilles plantations sous forêt sur de bons sols, évolution climatique réversible (?), climat sec moins favorable aux maladies (<i>P. megakarya</i>) <i>existence of secondary forest and old plantations under forest on good soils, reversible climatic trend (?), dry climate less favourable to P. megakarya disease</i>	pas d'évolution climatique réelle à moyen ou long terme <i>no true medium to long-term climatic changes</i>

rides. De même, dans ces deux pays, les possibilités d'expansion de la cacaoculture se limitent à des régions assez humides mais aux sols appauvris (Western Region au Ghana, région du sud-ouest en Côte d'Ivoire) ou à des zones aux sols de fertilité moyenne à bonne mais où les saisons sèches très marquées augmentent les coûts d'installation d'une cacaoyère (pays Ashanti au Ghana, région est de la Côte d'Ivoire).

La principale contrainte de la cacaoculture en Indonésie est relative à la qualité

du cacao produit. Du fait des conditions climatiques, le cacao d'Indonésie a un grainage plus faible et une teneur en beurre inférieure à celui de l'Afrique de l'Ouest, d'où un moindre rendement industriel. Sa qualité organoleptique est moins bonne en raison de traitements de post-récolte inadéquats. L'ensemble de ces facteurs justifie la décote subit par le cacao *bulk* d'Indonésie.

A court terme, le principal facteur à surveiller est l'expansion du *cocoa pod borer* en Indonésie, qui peut réduire fortement la rentabilité de la cacaoculture. A moyen terme,

la performance des secteurs cacaoyers en Côte d'Ivoire et au Ghana dépendra surtout de l'incidence de *P. megakarya*, de la poursuite ou non de l'assèchement du climat et de l'aptitude des producteurs à replanter de façon rentable les vieilles cacaoyères ou les jachères forestières.

La situation actuelle et les perspectives peuvent aussi être modifiées par l'adoption d'innovations technologiques émanant des centres de recherche ou des pratiques des producteurs. Il est donc utile de passer

brèvement en revue les solutions possibles aux contraintes actuelles ou futures.

La fertilité chimique faible à moyenne des sols de Côte d'Ivoire et du Ghana pourrait être améliorée par l'apport d'engrais minéraux, mais cette solution se heurte au problème du coût des engrais et de leur disponibilité dans ces deux pays. Par ailleurs, les gains de rendement observés en station de recherche — 500 à 1 000 kg/ha/an — sont probablement limités par une formulation inadéquate, des dégâts d'insectes et une alimentation hydrique contraignante.

La contrainte hydrique (saison sèche prolongée) existant en Côte d'Ivoire et au Ghana, qui a tendance à se renforcer, a déjà amené les producteurs à modifier leurs techniques de mise en place et à adopter la transplantation de plants élevés en pépinières, avec sachets en plastique, pour remplacer le semis direct traditionnel. La couverture de la ligne de plantation par un film en matière plastique a été expérimentée avec succès en station de recherche — diminution significative des taux de mortalité à 1 et 2 ans. Elle a été testée en station puis en milieu paysan au Togo et en Côte d'Ivoire. Son coût demeure cependant trop élevé pour envisager sa généralisation. De nouvelles recherches sont nécessaires : cultivars moins sensibles à la sécheresse, itinéraires techniques intégrant ombrage et paillage, etc. En Côte d'Ivoire, des systèmes d'irrigation ont été étudiés afin de limiter les coûts de remplacement et d'améliorer la production par hectare et le grainage des fèves. Mais il s'agit encore de systèmes trop coûteux et peu opérationnels pour les cacaoculteurs ouest-africains (Jadin, 1992).

Pour la défense des cultures, la lutte chimique contre les mirides est au point. Elle est diffusée et largement adoptée, avec un nombre réduit de passages de pesticides, par les cacaoculteurs du Ghana et de Côte d'Ivoire. Récemment, des traitements par fumigation, qui devraient faciliter le contrôle des mirides, ont commencé d'être diffusés. L'existence de ces traitements relativise le problème des mirides en Afrique de l'Ouest. Pour le *cocoa pod borer*, la technique de lutte — taille des arbres et récoltes fréquentes, complétées par de nombreuses pulvérisations d'insecticides — est difficilement applicable. Il s'agit donc d'une menace sérieuse pour la cacao-culture indonésienne, dans l'état actuel des connaissances. La recherche agronomique indonésienne en fait une de ses priorités : sélection de cultivars moins attractifs, lutte biologique. La lutte chimique contre la pourriture brune des cabosses est large-

ment utilisée par les cacaoculteurs d'Afrique centrale (Nigeria et Cameroun) ; elle pourrait être diffusée au Ghana et en Côte d'Ivoire dans l'hypothèse d'un accroissement des dégâts consécutif à la diffusion de *P. megakarya*. Cependant, comme le prouve l'expérience de l'Afrique centrale, la lutte chimique n'est rentable que sur des cacaoyères dont le rendement potentiel est élevé (plus de 600 kg/ha/an) et dans des systèmes où la main-d'œuvre est abondante. Ces critères favorisent la Côte d'Ivoire par rapport au Ghana. Sur le long terme, grâce aux travaux d'un projet de coopération internationale coordonné par le Cirad avec l'appui financier de l'association Caobisco, on peut espérer voir les centres de recherche diffuser des cultivars fortement tolérants.

En ce qui concerne la qualité des fèves, les centres de recherche des trois pays étudiés, qui avaient sélectionné des hybrides très productifs mais à petites fèves au cours des années 70, ont maintenant bien intégré dans leurs schémas d'amélioration les exigences de rendement des industriels. A long terme, ces recherches permettront d'améliorer le grainage des fèves produites, mais toujours avec un désavantage climatique pour l'Indonésie. En revanche, la recherche a mis au point des systèmes de séchage artificiel, qui permettent de produire un cacao non acide et sans odeur indésirable de fumée. La diffusion de ces systèmes de séchage est envisageable en Indonésie, d'abord dans les grandes plantations puis dans les plantations intermédiaires, si les conditions de prix s'y prêtent. Les Indonésiens ont déjà développé un traitement de post-récolte — absence de fermentation et séchage rapide sur une aire ci-

mentée puis dans des fours — qui aboutit à un cacao, certes de médiocre qualité, mais qui répond aux exigences de certains utilisateurs, principalement les beurriers américains.

En conclusion, il semble bien que les producteurs de cacao indonésiens de Sulawesi et de Sumatra disposent actuellement de conditions naturelles plus favorables que leurs homologues de Côte d'Ivoire et du Ghana. Mais, si les conditions actuelles permettent d'espérer, pour des systèmes de cacao-culture identiques, une meilleure productivité des cacaoyères indonésiennes, la situation pourrait s'inverser à moyen terme. En effet, la dispersion du *cocoa pod borer*, pour lequel les techniques de contrôle sont lourdes et coûteuses, est une menace bien plus grave pour l'Indonésie que ne l'est, pour le Ghana et la Côte d'Ivoire, la dissémination de *P. megakarya*, maladie contre laquelle il existe des méthodes de lutte largement adoptées en Afrique centrale. En outre, les producteurs ouest-africains bénéficient de conditions climatiques plus favorables à la préparation d'un cacao de bonne qualité chocolatière, qui demeure la référence qualitative de l'industrie.

Quelle que soit l'appréciation portée, il faut rappeler que les caractéristiques du milieu naturel s'intègrent dans l'ensemble des facteurs qui influent sur la compétition entre pays producteurs de cacao au sein du marché mondial : caractéristiques des plantations, itinéraires techniques, coûts et modes de mise sur le marché, interventions de l'Etat et des firmes, etc. L'étude pluridisciplinaire entreprise en 1993 par le Cirad s'est intéressée à tous ces facteurs de compétitivité, ses conclusions seront prochainement publiées. ■



Petite exploitation cacaoyère aux Philippines. *Cocoa smallholding in the Philippines.*

Denis Despreaux

Bibliographie / References

- AHENKORAH Y., AKROFI G.S., ADRI A.K., 1974. The end of the first cocoa shade and manurial experiment at the Cocoa Research Institute of Ghana. *J. Hort. Sci.* 40 : 43-51.
- ALVIM P.T., 1977. Cacao. *In* : Ecophysiology of tropical crops, P.T. Alvim et T.T. Koslowski éd., New York, Etats-Unis, Academic Press, p. 279-313.
- ANON., 1969. Survey of Ghana, 1969: great soil groups. Accra, Ghana, Survey Department, Government of Ghana.
- ANON., 1971. Soil map of Ghana, 1971. Accra, Ghana, Survey Department, Government of Ghana.
- ANON., 1990. Atlas, 1990: the land resources of Indonesia, a national overview. Londres, Royaume-Uni, NRI-ODA, Foreign and Commonwealth Office, Ministry of Transmigration of Indonesia.
- ASOMANING E.J.A., KWAKWA R.S., HUTCHEON W.V., 1971. Physiological studies on an Amazon shade and fertiliser trial at the Cocoa Research Institute of Ghana. *Ghana J. Agric. Sci.* 4 : 47-64.
- AVENARD J.M., 1971. Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Paris, France, Orstom, Mémoire n° 50, 391 p. + cartes.
- BONNEAU X., 1995. Rapport de mission à Gunung Batin. Montpellier, France, Cirad-cp (document interne).
- GERRITSMA W., 1996. CAS 2, un modèle de croissance et de production du cacao. *In* : XII^e conférence internationale sur la recherche cacaoyère, Salvador, Brésil, 17-23 novembre 1996 (sous presse).
- GERRITSMA W., WESSEL M., 1994. Calculated yield trends of cocoa in different countries. *In* : Malaysian international cocoa conference, Kuala Lumpur, Malaisie, 20-21 octobre 1994.
- HADLEY P., 1996. Une simulation de la variabilité de la production du cacaoyer. *In* : XII^e conférence internationale sur la recherche cacaoyère, Salvador, Brésil, 17-23 novembre 1996 (sous presse).
- HANAK-FREUD E., FREUD C., 1993. Methodological issues in the analysis of the competitiveness of cocoa sub-sectors. *In* : Workshop of the international conference on cocoa economy, Bali, Indonésie, octobre 1993. Montpellier, France, Cirad, Unité de recherche en économie des filières, Document de travail n° 14.
- ICCO, 1998. Bulletin trimestriel de statistiques du cacao : année cacaoyère 1997-1998, volume 24, n° 3. Londres, Royaume-Uni, Icco, 69 p.
- JADIN P., 1992. L'agronomie du cacaoyer à l'Ircc. Montpellier, France, Cirad-Ircc, Etudes et travaux de l'Ircc, 44 p.
- JADIN P., PAULIN D., 1988. Etude des facteurs de production liés à la biologie florale influencés par la fertilisation minérale et (ou) l'irrigation sur cacaoyers adultes. *In* : X^e conférence internationale sur la recherche cacaoyère, Saint-Domingue, République dominicaine, 17-23 mai 1987. Lagos, Nigeria, Cocoa Producers Alliance, p. 253-258.
- JOLLY A.L., 1955. The effect of age of tree on cocoa yields. *In* : 1955 cocoa conference, p. 54-55.
- LACHENAUD P., MOSSU G., 1985. Etude comparative de deux modes de conduite sur les facteurs du rendement d'une cacaoyère. *Café Cacao Thé* 21 (3) : 195-202.
- L'HOTE Y., MAHÉ G., 1996. Afrique de l'Ouest et du Centre : précipitations moyennes annuelles (période 1951-1989). Montpellier, France, Orstom.
- MONTGOMERY P.J., 1981. Some thoughts on the life span of cocoa. *Planter* 57 : 604-609.
- NESTEC, 1991. Influence of genetic factors and agro-climatic conditions on the quality of cocoa. *In* : IInd international congress on cocoa and chocolate, Munich, Allemagne, mai 1991.
- PETTITHUGUENIN P., 1995. Regeneration of cocoa cropping systems: the Ivorian and Togolese experience. *In* : Cocoa cycles: the economics of cocoa supply, F. Ruf et P.S. Siswoputranto éd., Londres, Royaume-Uni, Woodhead Publishing, p. 89-107.
- QUENCEZ P., 1987. Evolution de la pluviosité dans le sud ivoirien. *Cult. Forêt* : 9-13.
- RUF F., 1996. How Sulawesi cocoa smallholders achieve 2 000 kg/ha? Why two-day fermented beans? *In* : XII^e conférence internationale sur la recherche cacaoyère, Salvador, Brésil, 17-23 novembre 1996 (sous presse).

The natural conditions for cocoa production in Côte d'Ivoire, Ghana and Indonesia

Petithuguenin P.

CIRAD-CP/Proyecto calidad del cacao, Ave Quito y Padre Solano, Guayaquil, Ecuador

Since 1995, Côte d'Ivoire, Ghana and Indonesia have occupied the first three places in the world cocoa production rankings. Although the history of their cocoa sectors is very different, the countries are nevertheless currently in competition with each other on the world market. According to 1998 International Cocoa Organization (ICCO) statistics, they covered 68% of world demand in 1997-1998. To analyse the conditions underlying the current and future competition between these three leaders, CIRAD undertook a multidisciplinary study in 1993 to look at the competitiveness of their cocoa sectors (Hanak-Freud and Freud, 1993).

A comparison of natural cocoa production conditions in these three countries, which partly govern the "background" against which the protagonists in the sector (producers, middlemen, governments, etc.) set their strategies, was one of the elements of this study of their competitiveness, the results of which are due to be published shortly in their entirety.

The comparison was based on knowledge of the impact of climatic, soil and pest and disease factors on the potential yield of a cocoa planting and on the quality of the cocoa produced. It resulted in a picture of the current situation and of the probable medium-term developments with respect to these established factors.

The bases for comparison

The environmental requirements of cocoa trees

Cocoa is grown in the humid Tropics. It is particularly appropriate for latitudes around the Equator, from 10°N to 10°S, and for annual rainfall levels of 1 500 to 2 500 mm, provided there are fewer than three months with under 100 mm of rain. The species can withstand mean maximum temperatures of between 30 and 32°C and mean minimum temperatures of 18 to 21°C, with an absolute minimum of 10°C. Its cultivation should be avoided in very windy regions, where cocoa trees can suffer severe defoliation unless windbreaks are set up.

Cocoa trees require deep soils (at least 1.5 m) that drain well (not subject to waterlogging), preferably loamy sands, with a near neutral pH (between 5 and 8, and preferably between 6 and 7.5) and a topsoil rich in organic matter (at least 3%) and fairly rich in minerals, although that can be corrected by applying fertilizers, if

necessary. Cocoa trees are thus more demanding in terms of soil conditions than other tropical tree crops such as oil palm, coffee and rubber.

However, the soil and climatic criteria have to be looked at as a whole and not separately — for instance rainfall patterns and available soil water reserves — and also in relation to their interactions with farming systems — for instance shading and fertilization. For example, cocoa is grown in Ecuador in areas where the annual rainfall is below 1 100 mm, but on very fertile, deep alluvial soils with a high water table. On the other hand, it can also grow in regions with over 3 000 mm of rain per year, for instance in Amazonia, but the profitability of the operation is affected by the fact that fungal diseases are rife and postharvest cocoa drying and storage are difficult. Moreover, provided permanent shading is installed, it can also be grown on shallow or weathered (highly desaturated) soils, but yields are low (under 500 kg/ha/year). Likewise, the need for mineral-rich soils is all the more marked the lower the rainfall (Alvim, 1977).

The impact of environmental factors on potential yields

Unlike for other tropical tree crops, particularly oil palm, agronomists do not yet have a tried and tested yield elaboration model for cocoa, which is the only way of assessing the impact of environmental factors on the physiological parameters that determine yields. Comparisons of potential yields in different places can thus only be based on empirical trials that are only valid locally. Without a tried and tested yield elaboration model and given the numerous interactions between the factors that determine yields — incident radiation, water and mineral supplies, pollination, genetic compatibility, etc. — it is impossible to estimate accurately the difference in production potential between two sites that differed in their environmental conditions.

The situation has changed of late, and several cocoa yield elaboration models are currently being developed or tested, including one designed by the University of Reading, U.K. (Hadley, 1996) and another by the University of Wageningen, Netherlands (Gerritsma, 1996). Such models are used to compare different situations and identify the main factors limiting production in each case. However, they cannot

predict the potential yield at a given site, as they cannot yet integrate the complex interactions between the soil, climate, crop techniques (including fertilization) and the cultivar. Based on empirical knowledge and using these models, several trends have been identified, which are listed below.

Although cocoa could be thought to be a shade-loving crop, based on the physiological characteristics of its photosynthetic apparatus — photosynthetic assimilation is saturated at very low light levels — the production potential of a hectare of cocoa is low, all other limiting factors aside, if the amount of light received is less than 1 800 hours per year (Asomaning *et al.*, 1971; Gerritsma and Wessel, 1994). Trials in West Africa have shown that potential yields can be doubled by removing permanent shading (intercepting 30 to 50% of incident radiation), provided fertilizers are applied (Lachenaud and Mossu, 1985).

Cocoa production is often affected by water stress, although the effect depends on stress intensity and on when it occurs in relation to the agricultural calendar. The effect is confirmed by the model developed at the University of Wageningen, which attributes a large part of the yield fluctuations observed at a site in Malaysia to variations in annual rainfall. In West Africa, bean size decreases in the event of severe water stress during the July-August short dry season, at the time of main crop pod filling. However, if the stress occurs less than two months after fruit set, it makes the young fruits wilt (hence production falls), but does not reduce bean size. These results were confirmed in irrigation trials, which also showed that potential yields were improved, in the long term, by supplementary irrigation (Jadin and Paulin, 1988). Lastly, water stress can lead to abundant flowering and not have any adverse effects on the following crop, as seen in Côte d'Ivoire and Ghana following the severe drought in 1983-1984.

Under the conditions in Côte d'Ivoire and Ghana, dry seasons would not seem to have any very marked effects on the yields of adult cocoa trees, and the production gains obtained with irrigation are small: 20 % without fertilizers and 40% with (Jadin, 1992). However, water deficits severely affect the establishment of young cocoa trees, resulting in mortality, and delayed development and first harvests. When comparing West Africa and Indonesia, it is thus important

to take account of the influence of rainfall patterns on the ability of young plants to establish themselves and on their ability to make use of soils that are naturally very fertile or of fertilizer applications (interaction between water supplies, soils and fertilization).

The impact on yields of soil mineral fertility depends on the degree of permanent shading and on the time span considered (medium-term prospects, over five to ten years, or in the long term, over more than 20 years). Cocoa growers worldwide have proved that it is possible to plant cocoa after clearing forest areas on very infertile and often highly desaturated soils, for instance in southern Cameroon and southwestern Ghana. However, in the case of highly desaturated soils, yields are low — under 400 kg/ha/year — and can only be sustained at this level by installing permanent shading. If the trees are in full sunlight, without fertilizers, yields are satisfactory in the short term, but fall in the medium term. For instance, in Ghana, yields fell sharply in an experimental plot without shading or fertilizers, after nine years of sustained harvests of over 1 500 kg/ha/year (Ahenkorah *et al.*, 1974). In Côte d'Ivoire and Ghana, fertilizing experimental plots of hybrids grown intensively (without irrigation) resulted in yield gains of between 500 and 1 000 kg, primarily due to increased flowering and reduced losses due to physiological wilt. For instance, in Côte d'Ivoire, mean annual yields with fertilizers were as follows: at Divo, 3 050 kg/ha/year compared to 1 990 kg/ha/year without fertilizers for 11 crops, and at Abengourou, 1 680 kg/ha/year compared to 1 220 kg/ha/year for nine crops (Jadin, 1992). In the case of cocoa plantations set up under heavy permanent shade, with an interception rate of over 50%, fertilizer applications did not have any significant effect. If there is little or no permanent shade, the mineral richness of the soil or the farmer's financial possibilities of applying mineral fertilizers are thus determining factors in achieving potential yields and sustaining them in the medium and long term.

Yield sustainability in cocoa plantings is a crucial factor. Yield levels over time follow an upward and then downward curve, with a period of relative stabilization in-between¹. For hybrid plots in Côte d'Ivoire, the ICCO production forecasting models assume that yields increase up to the age of eight years, are stable up to 18 years and then gradually fall. Although all the specialists agree on the shape of the curve, the duration, gradient and mean yields for each

phase are hotly debated: in fact, there are very few experimental data concerning large samples. In Trinidad, yields begin to fall after 30 years with a gradient of 1% per year on soils highly suitable for cocoa and after 20 years with a gradient of 6% on unsuitable soils (Jolly, 1955).

The length of the peak production period — the plateau of the curve — is heavily reliant on soil conditions, in the absence of fertilization, but also on other factors that can lead to the exhaustion or death of bearing cocoa trees: repeated droughts or flooding, capsid (mirid) attacks, trunk cankers, etc.

The type of planting material also seems to have an impact: the yields of some highly productive hybrids fall substantially and steadily after less than ten years of good crops, despite fertilizer and pesticide applications. Lastly, under a comprehensive economic approach, besides yield trends, it is essential to consider the changes in upkeep conditions in the cocoa planting. Tree ageing can result in a relatively slight fall in production which is nevertheless accompanied by a marked increase in production costs: deterioration of the cocoa foliage, hence a substantial increase in anti-mirid and weeding costs, taller trees making pruning and harvesting more costly, etc. In Malaysia, Montgomery (1981) estimated that the best yields are obtained in cocoa plantings aged 15 to 25 years, beyond which mean yields fall and upkeep costs increase.

The effect of environmental factors on bean quality

The physical (size, butter content) and organoleptic quality (aroma) of cocoa primarily depends on the genetic type and on postharvest processing (fermentation, drying). However, certain physical quality factors can be affected by environmental conditions (Nestec, 1991).

At a given site, the size of the beans in a pod, a quality factor that affects processing yields, is correlated to rainfall levels during the first four months of fruit development. Moreover, although the butter content of the beans primarily depends on the genotype, it is also closely correlated to bean size; for a given genotype, butter content increases with bean size. Water deficits thus result in smaller beans that are less rich in butter. However, mineral nutrition does not have any consistent effects on bean size, and the fertilizer trials conducted to date have resulted in either an increase or a reduction in the weight of 100 beans.

The ambient temperature affects cocoa butter hardness: in Malaysia and Indonesia, the temperature conditions lead to the production of cocoa containing harder butter than in West Africa — which is a positive factor — but also to

the formation of smaller beans less rich in butter.

Lastly, the climate also has an indirect effect on cocoa quality, since it governs the feasibility of sun-drying the beans after fermentation, a process which is recommended to produce high quality beans. In very rainy zones, it is difficult to sun-dry cocoa satisfactorily, which leads producers either to sell damp or partly dried cocoa that risks going mouldy, or to dry it artificially, which makes the cocoa acid or causes smoke contamination.

Cocoa cropping systems

It is not necessary to describe the cocoa cropping systems in the three study countries in detail, but it is essential to give a brief reminder of them so as to highlight their very limited artificialization, which warrants the efforts made to carry out a comparative analysis of environmental conditions.

In Côte d'Ivoire and Ghana, almost all the cocoa produced comes from family farms practising extensive cropping systems. Fertilizers are rarely used and irrigation is nonexistent. The ICCO estimates that in 1992-1993, mean yields were 588 kg/ha in Côte d'Ivoire and 480 kg/ha in Ghana; these values are low compared with the yields of over 1 500 to 2 000 kg/ha regularly achieved in intensive systems at research stations in the same countries. In such systems that are barely artificialized, if at all, producers suffer the environmental conditions with no attempt at correcting them, which warrants the interest paid to these factors.

The cocoa cropping systems practised in Indonesia are much more intensive than in West Africa (Ruf, 1996), particularly in public or privately-owned commercial plantations, but also on the smallholdings of Sulawesi. Fertilizers are widely used and the rates applied each year can be considered high (several hundred kilos per hectare per year). According to the ICCO, the mean yield in 1992-1993 was around 500 kg/ha, but the validity of this figure is debatable, as smallholders in Sulawesi regularly obtain yields of over 1 500 kg/ha. Theoretically, using high fertilizer rates means that cocoa can be grown on soils that would otherwise be largely unsuitable due to mineral deficiencies (corrective fertilization), that very high yields can be obtained (intensification fertilization) or that yield levels can be sustained over long periods (export compensation fertilization).

It is important to point out that the mean yields published by the ICCO and the FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) are based on estimates calculated from the official production and export statistics for each country, which are known precisely, and on

¹ It is important to distinguish between the age of the plantation and the mean age of the cocoa trees, as planters generally replace dead cocoa trees regularly, and old plantations thus contain a mixture of trees of different ages. The stand of bearing cocoa trees therefore ages more slowly than the plantation.

estimates of the areas planted. These areas are often not known precisely, and are generally underestimated, particularly in Côte d'Ivoire and Indonesia, due to extension in largely inaccessible, poorly recorded areas, resulting in overestimation of mean national yields.

In both West Africa and Indonesia, farmers use hybrid seeds — in the case of the seeds distributed by the Agricultural Services — or seeds extracted from pods harvested on existing trees, in that case open-pollinated progenies of upper or lower Amazon Forasteros, as the first plantations were set up with Amelonado (lower Amazon) type trees and upper Amazon types introduced in the 1950s. Trinitario type material or fine cocoas are relatively rare, except for a limited amount of fine cocoa produced in Java, outside the large cocoa growing zones of Sumatra and Sulawesi. There is thus little difference between the cultivars used in Côte d'Ivoire, Ghana and Indonesia.

Methodology

Côte d'Ivoire and Ghana are neighbouring countries of fairly limited size, which facilitates studies and comparisons of the environmental conditions in each country on a national and regional level. However, on a West African scale, Indonesia would stretch from Senegal to Sudan, which is why we limited our study of that country to the regions that have substantially expanded their cocoa sector in recent years: in Sulawesi, the Centre and South, and in Sumatra, the North, Jambi, Bengkulu, South and Lampung.

The comparison was based on physical and biotic factors — soils, climate (rainfall, sunshine), pests and diseases — considering only those factors that were both relevant to and discriminating for cocoa growing.

Soil conditions

The comparison was based on the prevailing soil conditions in the current and potential cocoa growing regions in each country. The time and spatial scale used largely if not totally prevented a detailed picture of the phenomena linked to the topography (steep slopes, largely unevolved hilltop soils), which can make soils unsuitable for cocoa, and to the topsoil, some characteristics of which, particularly organic matter content and weeds, have a significant impact on the ability of young cocoa trees to establish themselves. These characteristics primarily

depend on the previous crop and the land clearance method, but relatively little on the soil type.

It proved difficult to compare data, due to the different soil classifications used: ORSTOM (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération), USDA (United States Department of Agriculture) and FAO. We therefore attempted to work on the similarities between the sources and to simplify matters by considering only those soil criteria that were relevant to cocoa growing, and were able to produce a simplified soil map for each country, according to soil suitability for cocoa (maps 1 to 3).

The maps identify five soil types:

- Soils totally unsuitable for cocoa: waterlogged soils classed as fluvaquent, trophemist or hydraquent. These soils are common along the northeast coast of Sumatra.
- Soils largely unsuitable for cocoa: highly desaturated ferrallitic soils, primarily tropudults and paleudults. These soils cover the South of Western Region in Ghana, the southern and western fringes of Côte d'Ivoire, and a large part of the provinces of Jambi, South Sumatra and Lampung, in Sumatra. Without fertilization, their lack of available minerals results in limited yields (maximum yields of less than 800 kg/ha) and to premature tree ageing (for trees grown in full sunlight, yields tend to fall from around year 10 onwards).
- Soils suitable for cocoa: moderately desaturated ferrallitic soils (dystropepts). These soils are primarily found in the traditional cocoa growing zones of Côte d'Ivoire (eastern and central-eastern regions) and Ghana (Eastern Region, Ashanti Region), and in large areas of Sulawesi and Sumatra. Under these conditions, it is possible, without fertilization and with light permanent shading, if any, to achieve potential yields of around 1 500 kg/ha over fifteen years or so.
- Soils highly suitable for cocoa. These are only slightly desaturated soils with a high exchange capacity — hence a better response to mineral fertilizers — that are generally deep and drain well. In Côte d'Ivoire and Ghana, there are only limited areas of these soils: tropical eutrophic brown soils, for instance near Oumé in Côte d'Ivoire, a region that is one of the country's main cocoa growing centres; slightly desaturated, often rejuvenated ferrallitic soils originating from basic rocks that are found in the form of inclusions in western and central-western Côte d'Ivoire; typical moderately desaturated ferrallitic soils originating from granite, near Niablé, Adzopé or Agboville in eastern Côte d'Ivoire, in places in Ashanti country and in

the North of Western Region in Ghana; and modal reworked moderately desaturated ferrallitic soils with a covering originating from granite in the Sinfra-Daloa region in Côte d'Ivoire. These soils are much more common in Indonesia: soils that developed on volcanic ash (andosols, dystrandepts), in Sumatra, particularly in the Medan Permatang Siantar region, eutropept, tropudalf and rendoll type soils in Sulawesi-Tenggara.

- Alluvial soils (tropaquepts), which are widespread along the Gulf of Bole in Sulawesi and the northeast coast of Sumatra, and whose suitability for cocoa varies widely. Provided permanent or frequent waterlogging is prevented by a site's slightly elevated topographical position, or by a network of drainage canals, these soils can be considered suitable if not highly suitable for cocoa.

To conclude this rapid comparison of soil conditions, it would seem that in Côte d'Ivoire and Ghana, those soils that are suitable or highly suitable for cocoa have already been developed, often some time ago, such as the old plantations in Eastern Region, Ghana, and eastern and central-western Côte d'Ivoire. The moves to extend the area planted in the past ten years have involved largely unsuitable soils in southwestern Côte d'Ivoire and the South of Western Region in Ghana. The Indonesian cocoa sector, for its part, has primarily developed on suitable to highly suitable soils, particularly on soils with a high exchange capacity that make optimum use of mineral fertilizer applications. Moreover, large areas are still available for new plantings on suitable to highly suitable soils².

Climate

Temperatures and sunshine

According to available weather statistics, there are no marked differences, on the scale we used, between the cocoa growing zones of Sumatra, Sulawesi, Côte d'Ivoire and Ghana as regards temperature and sunshine. The temperature at sea level is between 24 and 29°C, and minimum temperatures are well over the 10° required for cocoa³. These temperature conditions are highly suitable for cocoa. However, it is worth noting that mean temperatures are slightly higher in Indonesia than in West Africa, hence the cocoa butter produced is harder.

Annual total sunshine figures are around 1 700 to 1 900 hours in southern Côte d'Ivoire and Ghana, and 2 000 to 2 100 hours in the cocoa growing zones of Sumatra and Sulawesi. According to the yield model developed by the University of Wageningen — model based on a photosynthate assimilation and distribution approach — this slight difference in sunshine

² However, as alluvial areas and the foot of slopes are partly occupied, extension will increasingly concern hill or mountain zones with shallower soils (reduced water reserves) and sloping land (increased risks of erosion).

³ The figures are temperatures on the plain or in hilly areas. In high-altitude areas, for instance the mountainous zones of Sumatra, temperatures can be much lower and rule out cocoa growing.

levels does not mean any significant difference in the potential yields calculated by the model: 2.6 t/ha/year for Medan compared to 2.5 t/ha/year for Tafo, Ghana (Gerritsma and Wessel, 1994).

Rainfall

Annual total rainfall and rainfall distribution throughout the year have to be taken into account.

The main seasons

In southern Ghana and Côte d'Ivoire, the rainfall pattern reveals four seasons: a main dry season, from November to February-March, during which the Harmattan, a dry wind from the Sahara, may blow; a short dry season in July and August, during which the relative humidity is still high (cloudy skies); and two rainy seasons, whose relative impact varies from one region to another, from March to June and from September to November. Only the cocoa growing zone in the extreme West of Côte d'Ivoire, in the Danane-Toulepleu region, is an exception to this rule, since it has just two seasons and a single rainy season, from April to November, but its importance is negligible for the Ivorian cocoa sector as a whole.

Rainfall patterns vary much more in Indonesia due to the scattering of the islands in the archipelago in terms of both longitude and latitude, but also because of the country's impressive mountain ranges. In Indonesia, the seasons depend on two monsoons: the maritime monsoon in the North and Northwest, which brings rain to the whole archipelago, with maximum precipitation between October, in Borneo, and January, in Java, and the southeast monsoon borne by continental winds blowing in from Australia. These masses of air start out dry, but gradually become more humid as they travel northwards and westwards. In western Java, the monsoon brings heavy rains, with a maximum between April and June. In Sumatra and Sulawesi, the southeast monsoon also brings some rain, but less than the north-northwest maritime monsoon.

There is a sharp contrast between rainfall patterns in West Africa and Indonesia. Most of the cocoa growing zones in Sumatra and Sulawesi have no more than two or three consecutive dry months — a few relatively small areas are the only exceptions: South Lampung and East Medan, in Sumatra. With the exception of the extreme Southeast and Southwest of Côte d'Ivoire and the extreme Southwest of Ghana,

where the dry season lasts less than three months, most of the Ivorian and Ghanaian cocoa growing zones have between four and six consecutive dry months, plus a one-month gap in the rainy season in July and August: the short dry season.

Periods of four to six consecutive months of dry weather result in water deficits for cocoa if there is no irrigation, which in turn leads to the death of many young plants during the plantation establishment phase, hence additional costs in order to replace the dead trees and a loss of income due to a reduction in the initial crops. For instance, the mean percentage of trees that had to be replaced in a sample of 50 plots of two-year-old trees planted by direct sowing on cleared forest land in eastern Côte d'Ivoire was 39% in 1989 (Petithuguenin, 1995). In adult plantings, water deficits result in lower yields and more fragile trees due to an increase in the level of mirid damage. The impact of water supplies on yields is illustrated by potential production calculations: 2.3 t/ha/year in Medan compared to 1.6 t/ha/year in Tafo (Gerritsma and Wessel, 1994). In bearing plantings, the existence of a short dry season during main crop pod filling can affect bean size, if it is sufficiently severe.

The rainfall conditions in the cocoa growing zones of Côte d'Ivoire and Ghana are thus less favourable in terms of cocoa tree establishment, production and the quality of the cocoa produced (bean size) than those in the cocoa growing regions of Indonesia. However, the heavy rainfall and lack of dry months in certain areas of Indonesia are also a drawback, as they are propitious to pod diseases such as rot caused by *Phytophthora* sp., and hinder natural cocoa drying.

Annual total rainfall

The cocoa growing zones of Sumatra and Sulawesi generally have over 2 000 mm of rain per year, whereas those in Côte d'Ivoire and Ghana almost all have under 2 000 mm⁴ (maps 4 to 7). There is thus a marked difference between Indonesia on the one hand, and Côte d'Ivoire and Ghana on the other hand, as regards this factor.

Recent climatic changes

The climate in West Africa has changed over the past forty years (map 5), and it is worth completing this comparison of mean climatic statistics over a long period with a comparison of the overall trends.

In Côte d'Ivoire, rainfall has been on a downward trend in the South since 1950. The trend is marked for the annual rainfall totals for several weather stations in cocoa growing areas, and even more so for the calculated annual water deficits for a given crop. For instance, at an oil palm estate near Divo, the mean water deficit rose from 200 to 300 mm per year in the

1950s to 500 mm on average in the 1970s (Quencez, 1987). A similar trend has been seen in Ghana: at Kumasi (Ashanti Region), annual total rainfall fell from 1 500 mm prior to 1968 to 989 mm on average between 1980 and 1991, which is below the 1 100 mm threshold generally acknowledged as the minimum for profitable cocoa growing.

The climate in southern Côte d'Ivoire and Ghana has thus shown a tendency to dry out in recent years that is bound to be unfavourable to cocoa growing. On the other hand, the annual total rainfall figures between 1952 and 1993 for four weather stations in Sumatra (Bonneau, 1995) do not show any marked trends⁵. The Indonesian cocoa sector's relative advantage over Côte d'Ivoire and Ghana would thus seem to be growing.

Although the trends can be assumed to be reversible in all three countries, they have to be taken into account in short and medium-term comparisons of the development conditions and performance of their respective cocoa sectors.

The pest and disease situation

In all production zones, the profitability of cocoa growing is under serious threat from insect pests and fungal or viral diseases. In Brazil, there is witches' broom disease and black pod, caused by *Phytophthora* sp.; in Malaysia, mirids, the cocoa pod borer (*Conopomorpha cramerella*) and vascular streak dieback (VSD), caused by *Oncobasidium theobromae*; in Ecuador, witches' broom and *Moniliophthora* pod rot; in Cameroon and Nigeria, mirids and black pod. However, there have not been any studies on large samples, which would enable an evaluation of the true impact on yields of the damage caused by such attacks. The three study countries have not been spared.

Pests

The main pests in Côte d'Ivoire and Ghana are mirids: *Distantiella theobromae* and *Sahlbergella singularis*. Outbreaks of these sucking insects directly and very rapidly affect yields. They lead to young pod wilt and result in yield losses of around 25 to 30% in general. These pests, which also suck the young branchlets, also have longer-term, indirect effects: partial or total defoliation of the cocoa trees, which can sometimes kill them and favour weed development, making plantation weeding operations more expensive. Mirids from the *Helopeltis* genus are found in Indonesia, but do not generally cause any major damage.

Of all the pests affecting cocoa, given the role played by African countries in cocoa production worldwide, mirids can be seen as the pests that have the greatest impact on world cocoa output, despite the existence of effective chemical

⁴ In Ghana and Côte d'Ivoire, there is an increasing rainfall gradient from East to West; from 1 200 mm in the East to 2 000 mm in the Southwest.

⁵ However, there were several successive dry years in certain areas of Indonesia, particularly in southern Sumatra (Bonneau, 1995).

control techniques that are considered cost-effective under West African conditions.

The main pest in Southeast Asia (Malaysia, Philippines, Indonesia) is the cocoa pod borer. The losses it causes can amount to 80% of the crop if steps are not taken to control it. In endemic areas, average losses are estimated at 50%. Historically, it seems that it was the extent of the damage caused by the pod borer that halted cocoa development in Sulawesi in the early years of this century. There are ways of cutting losses to under 10%, as proved at the Bal cocoa plantations in Malaysia, but the treatments are costly and difficult to apply : numerous insecticide treatments — from eight to 24 per year, hence risks of contaminating the cocoa beans — and complete, frequent pod harvesting, which is only feasible on young trees whose height is controlled by regular pruning.

The cocoa pod borer was not found in all the Indonesian cocoa growing zones until the end of 1995, although it had been endemic since the start of the century in eastern Java and the far North of Sulawesi. It apparently appeared, or reappeared, in eastern Kalimantan in the 1980s, in central Sulawesi in 1991, in western Kalimantan and Sumatra in 1993, and in northern Sumatra and southeastern Sulawesi in 1995. By the end of 1995, it was no longer found in certain areas of Sumatra and large parts of Sulawesi-Tenggara, a major cocoa growing region in southern Sulawesi, where it was only found in the Kolaka sector. However, given the speed at which it has spread in recent years, the cocoa pod borer will probably be found in all the cocoa growing zones of Indonesia within a few years. Pending the advent of cheap, easily applicable control techniques, the cocoa pod borer is thus a serious threat to Indonesian cocoa growing.

Diseases

Black pod causes yield losses in almost all the cocoa growing zones worldwide. The extent of the losses depends on local climatic conditions and the *Phytophthora* species involved.

In Côte d'Ivoire, Ghana and Indonesia, black pod is caused by a not very virulent species, *P. palmivora*, and losses are generally limited (10 to 15%)⁶. In places and in certain years, they can reach 30%, particularly in the areas with the most rainfall, for instance San Pedro in Côte d'Ivoire. Disease control is costly and cumbersome, as fungicides have to be sprayed four to eight times per year, and the cost of such

treatments is not generally compensated for by the yield gains obtained.

The situation may change in the coming years in West Africa, given the westward spread of the virulent species, *P. megakarya*, which causes 50 to 80% losses in Nigeria and Cameroon. At such loss rates, chemical control is cost-effective for plantations with minimum yields of 600 kg/ha/year. *P. megakarya* was identified in Ghana in the mid-1980s in two marginal cocoa growing zones, but more recent studies suggest that it can now be found throughout the South of the country. In the same way as in Togo over the past twenty years, it is highly likely that *P. megakarya* will gradually supersede *P. palmivora* in Ghanaian cocoa plantations. The presence of *P. megakarya* in Côte d'Ivoire has not yet been confirmed, but its arrival looks inevitable, given that in certain areas, such as the Niablé region in the East, there are cocoa plantations each side of the border between the two countries.

As the climate in Ghana and Côte d'Ivoire is drier than in Nigeria and southwestern Cameroon, it is possible that *P. megakarya* may only eventually cause 30 to 50% losses in Ghana and Côte d'Ivoire rather than the 50 to 80% losses seen in southwestern Cameroon. In Ivorian cocoa plantations, where potential yields are higher than in Ghana, and at current costs, chemical control can thus be considered cost-effective in most areas.

Cocoa swollen shoot virus (CSSV) also causes considerable production losses in Ghana, where the disease was first identified in 1936. The virus is transmitted by sucking insects (mealy bugs), and there are several strains with varying degrees of virulence. The most virulent strains can result in almost total production losses and even in tree death within five years of the first symptoms. However, there are many only slightly or not at all virulent strains that cause symptoms on the leaves or young stems but have no effect on yields. It has not yet been possible to reliably estimate the yield losses directly attributable to the disease in Ghana, as the respective proportions of the different strains (highly, moderately, slightly or not at all virulent) are not known.

CSSV symptoms were seen on cocoa trees in Côte d'Ivoire as early as the end of the 1940s, but there was no impact on yields, and it was assumed that non-virulent strains were involved, like in Nigeria.

In the absence of treatment techniques, the only control method is to prevent the spread of the disease by uprooting affected trees and their neighbours, which are probably already carrying the virus but have no symptoms as yet. Although there are no reliable estimates of the direct impact of CSSV on cocoa production in Ghana,

we can confirm that the disease has had a considerable indirect effect on cocoa growing: vast eradication programmes have been undertaken, leading to the loss of 30 000 t of cocoa/year, i.e. almost 10% of national output.

The disease is spreading slowly, and it is unlikely that totally resistant cultivars to replace the relatively tolerant material currently distributed will be bred in the short or medium term. As a result, we can consider, within the framework of our study, that the impact of the disease on the Ghanaian cocoa sector should remain stable in the coming years⁷. The other diseases that affect cocoa growing in the three countries studied — *Corticium salmonicolor* and VSD, a disease for which resistant cultivars have been disseminated and adopted — can be considered of secondary importance in our study.

Advantages and drawbacks

Drawing a picture of the phytosanitary, soil and climatic conditions, geared towards comparing the overall suitability for cocoa growing of Côte d'Ivoire, Ghana and Indonesia, involved tricky weighting and hierarchization exercises, for three main reasons. The scale of comparison — country and province — made it impossible to reflect the variability of growing conditions on a local (village or plot) level, particularly in terms of soils. Secondly, there are numerous interactions between biological, climatic and soil factors — for instance between the climate and the impact of mirid attacks, between fertilization and rainfall or irrigation — that could not be quantified or modelled.

Economic and social factors can also modify the relative impact of some environmental constraints: for instance, the chemical poverty of the soils in southwestern Côte d'Ivoire can become a secondary factor provided that fertilizers are both available and cheap; conversely, increased pesticide prices can mean that a disease goes from being under control, hence of secondary importance, to being out of control. This explains why our overview takes the form of tables comparing the current situation in the different countries, but also of the probable future changes (tables 1 to 4).

The tables show that the main cocoa growing zones in Sulawesi and Sumatra currently benefit from highly favourable conditions for cocoa — high potential yields and good possibilities of cocoa extension — particularly in terms of soils and climate. In Côte d'Ivoire and Ghana, potential yields are limited by the soil conditions (often mediocre fertility) and climate (long dry seasons), but also by the impact of mirid attacks. Similarly, in those two countries, the possibilities of extending cocoa areas are limited to relatively humid regions but with weathered soils (Western Region in Ghana, southwestern

⁶ In Indonesia, *P. palmivora* sometimes infects the trunks, and can be a serious problem in places, necessitating fungicide treatments by injection.

⁷ Unless a vast and costly eradication programme were to be introduced, involving a number of trees equivalent to 25 000 ha, for which yields can be estimated at between 4 000 and 8 000 t/year.

Côte d'Ivoire) or to zones with average to good soils but where the very marked dry seasons increase the cost of setting up cocoa plantations (Ashanti Region in Ghana, eastern Côte d'Ivoire).

The main constraint on cocoa growing in Indonesia concerns the quality of the cocoa produced. As a result of the climatic conditions, the beans produced in Indonesia are smaller and contain less butter than those from West Africa, hence lower industrial yields. Their organoleptic quality is also poorer, due to inadequate postharvest treatment. These various factors account for the lower price fetched by Indonesian bulk cocoa.

In the short term, the main factor that requires surveillance is the spread of the cocoa pod borer in Indonesia, which can substantially reduce the profitability of cocoa plantations. In the medium term, the performance of the cocoa sectors in Côte d'Ivoire and Ghana will primarily depend on the impact of *P. megakarya*, on whether the climate continues to become drier, and on whether the producers are able to profitably replant old cocoa plantations or wooded fallow areas.

The current situation and the prospects for the future may also be modified by the adoption of technological innovations developed by research centres or by the producers themselves. It is thus worth looking briefly at the possible solutions to current or future constraints.

The poor to average chemical fertility of the soils in Côte d'Ivoire and Ghana could be improved by applying mineral fertilizers, but this solution runs up against the problem of fertilizers costs and availability in those two countries. Moreover, the yield gains observed at research stations — 500 to 1 000 kg/ha/year — are probably adversely affected by inappropriate formulation, insect damage and inadequate water supplies.

The water supply constraints (long dry season) in Côte d'Ivoire and Ghana, which seem to be worsening, have already prompted producers to modify their planting techniques in favour of transplanting plants reared in polybag nurseries, rather than traditional direct sowing. Covering the planting row with plastic film has been tested successfully at research stations, resulting in a significant reduction in mortality

rates amongst plants aged one to two years. The method has been tested on stations and smallholdings in Togo and Côte d'Ivoire, but it is still too expensive for widespread use. Further research is required: less drought-sensitive cultivars, crop management sequences including shading and mulching, etc. In Côte d'Ivoire, irrigation systems have been studied with a view to reducing replacement costs and improving production per hectare and bean size. However, the corresponding systems are still too costly and largely impracticable for West African cocoa growers (Jadin, 1992).

As regards crop protection, chemical control of mirids is now up and running. The method has now been disseminated and adopted on a wide scale, with a reduced number of pesticide applications, by cocoa growers in Ghana and Côte d'Ivoire. Fumigation treatments, which should facilitate mirid control, have recently begun to be disseminated. The existence of such treatments has reduced the impact of the mirid problem in West Africa. The control technique against the cocoa pod borer — frequent pruning and harvesting, plus numerous insecticide applications — is difficult to apply. The pod borer is thus a serious threat to cocoa growing in Indonesia, at least as far as we know at present. The Indonesian agricultural research sector has made this one of its priorities: breeding less attractive cultivars, biological control, etc. Chemical control against black pod is widely practised by cocoa growers in central Africa (Nigeria and Cameroon); it could be extended to Ghana and Côte d'Ivoire were damage levels to increase following the spread of *P. megakarya*. However, as shown by experiences in central Africa, chemical control is only cost-effective in plantations with high potential yields (over 600 kg/ha/year) and in systems with abundant labour. These criteria give Côte d'Ivoire an advantage over Ghana. In the long term, as a result of work under an international cooperation project coordinated by CIRAD with financial support from the Caobisco organization, there is some hope of research centres being able to disseminate highly tolerant cultivars.

As regards bean quality, the research centres in the three countries studied, which had bred highly productive cultivars, albeit with small

beans, in the 1970s, have now integrated industrialists' yield demands into their improvement schemes. In the long term, this research should improve the size of the beans produced, but Indonesia will still be at a climatic disadvantage. However, research has developed artificial drying systems that produce non-acid cocoa with no undesirable smoky smells. Some thought could be given to disseminating these drying systems in Indonesia, firstly in large estates and then in medium-sized plantations, provided prices are right. The Indonesians have already developed a postharvest treatment — no fermentation and rapid drying on a cemented area and then in ovens — that produces a cocoa that is mediocre in quality but nevertheless satisfies the demands of certain users, notably American butter manufacturers.

In conclusion, it seems that Indonesian cocoa growers in Sulawesi and Sumatra currently benefit from more favourable natural conditions than their counterparts in Côte d'Ivoire and Ghana. However, although current conditions mean that with identical cocoa growing systems, Indonesian plantations should be more productive, the situation could be reversed in the medium term. In fact, the spread of the cocoa pod borer, against which control techniques are cumbersome and costly, is a much more serious threat to Indonesia than the spread of *P. megakarya* is to Ghana and Côte d'Ivoire, as control methods against the latter have been widely adopted in central Africa. Moreover, West African farmers benefit from climatic conditions that enable them to produce cocoa beans of a sufficiently high standard for chocolate production, which remains the byword for quality in the industry.

Whatever our present appreciation, it is important to bear in mind that the natural environmental characteristics fit into a set of different factors affecting the competition between cocoa producing countries on the world market: farm characteristics, crop management sequences, marketing costs and methods, State and industrial intervention, etc. A multi-disciplinary study launched by CIRAD in 1993 has looked at all these competitiveness factors, and its conclusions are due to be published shortly. ■